



## **El Futuro de la Producción de Celulosa y las técnicas de producción más favorables para el medio ambiente.**



**Campaña Tóxicos  
Febrero 2006**

*La industria del papel se ubica al tope del ranking en materia de uso de recursos naturales y generación de contaminantes, todo para fabricar un producto que es usualmente descartado inmediatamente. El papel alcanza cerca del 40% del total de los residuos sólidos urbanos en algunos países industrializados. A pesar de la modernización de sus procesos industriales, la demanda de tierras para plantaciones, el uso intensivo de recursos de agua, los volúmenes de descargas líquidas, sus emisiones gaseosas y residuos sólidos hacen de esta industria un peligro que se expande en todas las regiones del planeta.*

*Uruguay y Argentina enfrentan el desafío de estar hoy en la frontera de la expansión de esta industria para alimentar de pulpa celulosa a los mercados globales, principalmente en los países industrializados, donde el consumo continúa creciendo de manera desenfrenada.*

*El papel resulta esencial para la vida moderna, tanto para las denominadas industrias culturales y permitir la transmisión de conocimientos e información, como para diversas otras actividades. Por eso es imprescindible transformar a esta industria en una actividad sustentable. Es necesario que desde la obtención de sus materias primas (fibras vegetales y reciclado), sus procesos industriales y los criterios de consumo, sean profundamente revisados en sus métodos, tecnologías y escalas.*

*Greenpeace considera que es necesario que ambos países asuman criterios de sustentabilidad para el desarrollo de la industria del papel, teniendo en cuenta la capacidad de producir sustentablemente materia primas, un uso adecuado de nuestros cursos de agua, la adopción de las escalas y procesos industriales más apropiados y consolidar un mercado de productos ambientalmente sanos.*

# ***Plan de Producción Limpia para la Industria del Papel***

VISIT...

LANZAROTE  
*Caliente*.COM

# Índice

|                                                                      |           |
|----------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>Índice .....</b>                                                  | <b>2</b>  |
| <b>Del árbol al papel.....</b>                                       | <b>3</b>  |
| Etapas 1: Producción de la pasta .....                               | 3         |
| Método alcalino .....                                                | 4         |
| Método del sulfito .....                                             | 4         |
| Métodos mecánicos.....                                               | 5         |
| Etapas 2: Blanqueo de la pasta .....                                 | 5         |
| Etapas 3: De pulpa a papel.....                                      | 6         |
| <b>Cuestiones Ambientales Generales y Opciones Tecnológicas.....</b> | <b>7</b>  |
| <b>TCF versus ECF.....</b>                                           | <b>11</b> |
| La situación actual .....                                            | 12        |
| Blanqueo de pulpas .....                                             | 14        |
| Blanqueo con cloro .....                                             | 15        |
| ECF .....                                                            | 16        |
| TCF .....                                                            | 16        |
| Aspectos Ambientales .....                                           | 17        |
| Cerrando el Circuito del Proceso de Blanqueo .....                   | 18        |
| Plantas de circuito cerrado: Casos .....                             | 21        |
| SCA Pulp AB - Östrand, Suecia .....                                  | 21        |
| Samoa Pacific Cellulose - Samoa. California, Estados Unidos .....    | 22        |
| Metsä-Botnia - Rauma, Finlandia .....                                | 22        |
| MoDo - Husum, Suecia .....                                           | 23        |
| Una comparación de cerramiento del circuito de agua.....             | 23        |
| El costo de los cambios .....                                        | 23        |
| ECF o TCF: Una opción clave .....                                    | 25        |
| El Convenio de Estocolmo .....                                       | 26        |
| <b>Mitos sobre el blanqueo con TCF .....</b>                         | <b>28</b> |
| <b>Tendencias en el Mercado Global .....</b>                         | <b>29</b> |
| Producción Mundial de Pulpa Blanqueada Químicamente. ....            | 33        |
| Planes de Expansión.....                                             | 36        |
| Consumidores Claves.....                                             | 38        |
| <b>Plan de Producción Limpia para la Industria del Papel .....</b>   | <b>41</b> |
| <b>Anexo I: Referencias Bibliográficas .....</b>                     | <b>45</b> |
| <b>Anexo II: Recursos útiles en Internet .....</b>                   | <b>47</b> |
| <b>The International POPs Elimination Network .....</b>              | <b>47</b> |
| <b>Anexo III: El Papel - Una Breve Reseña Histórica.....</b>         | <b>48</b> |

## **Del árbol al papel**

El papel consiste en un tejido o entramado de fibras vegetales con alto contenido de celulosa, que han sido refinadas y tratadas en agua antes de ser depositadas sobre un tamiz y secadas. El papel y los productos relacionados con él se elaboran a partir de fibras de celulosa presentes en las plantas. Estas fibras pueden provenir de diferentes vegetales: algodón, madera, paja de cereales, caña de azúcar, etc., pero actualmente la mayor parte de la producción mundial del papel proviene de la madera. A la vez, un tercio del total de madera procesada en el mundo se emplea para la fabricación de pasta. La mayor proporción de pulpa se fabrica a partir de pulpa de madera, aproximadamente un 89% de la producción total, por lo que sólo un 11% se fabrica a partir de otras fibras.

Producir una tonelada de papel virgen requiere de unas 2 a 3,5 toneladas de árboles par ser procesadas en una planta de celulosa. Transformar esa cantidad de árboles en papel significa utilizar grandes cantidades de agua, energía y químicos, y genera grandes cantidades de contaminantes gaseosos y líquidos y residuos sólidos. A escala mundial, la industria de la pulpa y el papel es la quinta industria más grande en cuanto a consumo de energía, contabilizando el 4% del consumo de energía global.

### ***Etapas 1: Producción de la pasta***

Para fabricar papel es necesario separar las fibras de celulosa, fuertemente unidas por lignina (adhesivo resinoso que provee el apoyo estructural al árbol), para luego poder producir la pasta o pulpa. Esta puede producirse básicamente a través de métodos químicos o métodos mecánicos.

Una vez eliminada el agua, el tronco de un árbol está compuesto por alrededor de sólo un 50% de celulosa. El resto consiste en un 30% de lignina y un 20% de aceites y otras sustancias. Para que la celulosa contenida en el árbol pueda ser transformada para la fabricación de papel, se requiere que la madera sea molida (para hacer pulpa mecánica) o que sea transformada primero en astillas ("chips") y luego sometida a un cocimiento con productos químicos, seguido de un refinado (para hacer pulpa química).

En los métodos químicos, la madera es cocida en una solución de compuestos químicos. Existen dos procesos principales: el método alcalino y el método del sulfito; en general, ambos involucran el empleo de compuestos químicos en base a azufre y es la emisión de compuestos de azufre lo que les da a las papeleras el clásico olor a "huevo podrido". Los productos químicos se combinan con la lignina, la vuelven soluble y, por lo tanto, remueven la sustancia adhesiva que mantiene unidas las fibras.

## Método alcalino

Los principales procesos son el del sulfato o *kraft* y el de la soda cáustica. En ambos, se realiza una cocción de las astillas o chips de madera en hidróxido de sodio, químico que se regenera, en el primer caso, usando sulfuro de sodio y, en el segundo, usando carbonato de sodio o soda cáustica.

El proceso *kraft* da lugar a una pasta marrón y produce emisiones tóxicas al aire, tales como dióxido de azufre, en cantidades que varían entre 1 y 3 kg por tonelada de pasta. El dióxido de azufre es uno de los principales responsables de la lluvia ácida y también del olor a huevo podrido. Las aguas residuales -licor negro- resultantes de la cocción de la madera son muy contaminantes y a menudo son tratadas, depuradas y recicladas para recuperar el sulfuro de sodio y la soda cáustica. En los efluentes líquidos se liberan restos de celulosa que se depositan en los fondos acuáticos acabando con la vida existente en ellos- y que son responsables de la alta Demanda Biológica de Oxígeno (DBO)<sup>1</sup> -por parte de los microorganismos que degradan las fibras- sofocando todo vestigio de vida alrededor de los caños de descarga.

Parte de estos problemas disminuyen si los vertidos se someten a tratamientos biológicos. Las sales de aluminio empleadas para purificar el agua procesada son altamente tóxicas para ciertos peces. También puede haber contaminación adicional del aire si los residuos de la fabricación de la pasta son incinerados.

## Método del sulfito

Existen varios procesos, pero todos generalmente involucran la cocción de las astillas en compuestos de sulfito. Este proceso produce una pasta más clara, débil y suave. Al igual que el proceso *kraft*, el del sulfito en general permite el reciclaje de los químicos empleados, pero la eficiencia de recuperación del ácido sulfúrico es menor que la de la soda cáustica. Se liberan alrededor de 5 kg de dióxido de azufre por tonelada de pasta producida.

---

<sup>1</sup> **Demanda Biológica de Oxígeno (DBO):** Se define como DBO de un líquido a la cantidad de oxígeno que los microorganismos, especialmente bacterias (aeróbicas o anaeróbicas facultativas: *Pseudomonas*, *Escherichia*, *Aerobacter*, *Bacillus*), hongos y plancton, consumen durante la degradación de las sustancias orgánicas contenidas en la muestra. Se expresa en mg/l. Es un parámetro indispensable cuando se necesita determinar el estado o la calidad del agua de ríos, lagos, lagunas o efluentes. Cuanto mayor cantidad de materia orgánica contiene la muestra, más oxígeno necesitan sus microorganismos para oxidarla (degradarla). Como el proceso de descomposición varía según la temperatura, este análisis se realiza en forma estándar durante cinco días a 20°C; esto se indica como DBO<sub>5</sub>. Según las reglamentaciones, se fijan valores de DBO máximo que pueden tener las aguas residuales, para poder verterlas a los ríos y otros cursos de agua. De acuerdo a estos valores se establece, si es posible arrojarlas directamente o si deben sufrir un tratamiento previo.

## **Métodos mecánicos**

Las fibras celulósicas se desgarran usando procedimientos mecánicos. El método de fabricación de la pasta es más eficiente que los anteriores en cuanto a la cantidad de pasta producida por unidad de madera empleada. La calidad de la pasta es menor y se usa principalmente para imprimir diarios o guías telefónicas y sus fibras pueden ser recicladas sólo de tres a cuatro veces en tanto las obtenidas químicamente pueden ser reutilizadas entre cinco a diez veces. Las fábricas de pasta mecánica vierten resinas ácidas altamente tóxicas. Estas sustancias, a pesar de que existen también en la naturaleza, son difíciles de degradar y las fábricas de pasta mecánica requieren tratamientos biológicos bastante sofisticados. Pero, estas industrias no emiten compuestos de sulfuro. El calor ablanda la lignina a aproximadamente 140°C, permitiendo la separación de las fibras, con una menor rotura de las mismas. Este método consume mucha energía, pero en general, usa un método de blanqueo sin cloro, como el TCF.

Las pulpas químicas representan casi el 70% de la producción mundial de pulpa y alrededor del 63% de la misma está blanqueada.

### ***Etapas 2: Blanqueo de la pasta***

Con el objetivo de producir celulosa blanca pura, la pasta química es blanqueada con removedores de lignina. La pasta mecánica -que por definición contiene grandes cantidades de lignina- se aclara usualmente con peróxido de hidrógeno que cambia la estructura de la lignina y altera el color, pero no la elimina.

En las tecnologías convencionales de blanqueo de la pasta química, la lignina se degrada y remueve con la ayuda de gas cloro ( $\text{Cl}_2$ ) o de dióxido de cloro ( $\text{ClO}_2$ ). El cloro y el dióxido de cloro, si bien son efectivos para remover la lignina y fortalecer la pulpa, reaccionan con compuestos orgánicos presentes en la pulpa, dando lugar a cientos de contaminantes organoclorados, incluyendo las dioxinas, que son uno de los más potentes venenos conocidos.

El empleo de cloro como agente blanqueador ha acarreado problemas de contaminación y afectado la salud de los trabajadores y las comunidades vecinas a las plantas. Del total de compuestos organoclorados formados durante el proceso de blanqueo y presentes en los efluentes de una fábrica de pasta, apenas se han identificado 300 (incluyendo dioxinas, furanos, clorofenoles y bencenos clorados). Los compuestos identificados apenas conforman el 10% del total de organoclorados de los efluentes; la mayoría, por lo tanto, sigue siendo un misterio.

Muchos organoclorados resisten la degradación natural y se acumulan a través del tiempo en el ambiente. Se han encontrado compuestos organoclorados provenientes de las plantas de pasta y papel en los sedimentos, en las aguas, en los organismos vivos, en el aire y en los mismos productos de papel. Se han encontrado dioxinas en papel de cigarrillos, tampones, pañales, filtros de café y cartones de leche blancos.

Mundialmente, las industrias papeleras han sido las principales fuentes de compuestos organoclorados a los cursos de agua. Estos compuestos afectan la vida acuática y se almacenan en los tejidos grasos de los organismos, bioacumulándose a lo largo de la cadena alimentaria. En los seres humanos provocan trastornos de los sistemas inmunológico, nervioso y reproductor. Entre los organoclorados identificados hasta ahora en los efluentes existen también numerosos compuestos cancerígenos y mutagénicos.

Esto ha producido durante la década de los '90 el abandono del uso del cloro elemental o gas cloro por el blanqueo con dióxido de cloro (ECF). También durante esos años hicieron su aparición las tecnologías de blanqueo en base a oxígeno, ozono o peróxido de hidrógeno (TCF). Eliminando de este modo los compuestos clorados.

### ***Etapas 3: De pulpa a papel***

Para fabricar el papel se combinan distintos tipos de pulpas húmedas mezcladas con sustancias de relleno (carbonato de calcio, caolín, dióxido de titanio, etc.) y con otros aditivos (colofonia, sulfato de aluminio, tinturas), todo lo cual se extiende uniformemente sobre una malla metálica, se somete a un secado y luego se lo remueve con un fieltro absorbente. La superficie de los papeles de impresión y escritura es luego alisada mecánicamente o revestido con una capa de arcilla o tiza (coteado). A partir de las diferentes categorías de pulpas se pueden obtener cientos de diferentes tipos de papeles.

## Cuestiones Ambientales Generales y Opciones Tecnológicas

La fabricación de pulpa de papel a partir de madera es el método químico más importante para convertir la madera en productos útiles y es un componente importante dentro de las industrias manufactureras tanto por sus implicancias económicas como ambientales.

La industria de la celulosa se ha convertido en una actividad económica relevante en algunas regiones, pero también es una industria que tiene potenciales impactos muy serios para el ambiente y la salud humana. En los Estados Unidos, la industria del papel está reconocida como una de las industrias más contaminantes de la nación. La Agencia de Protección Ambiental (EPA) en su *Toxic Release Inventory* (TRI) de 1994 señalaba que tales instalaciones generaban las mayores cantidades de sustancias contaminantes en un nivel mayor al de cualquier otro sector industrial (cantidades medidas según descargas por instalación)

Cada planta registró una producción promedio de 207.935 kg. al año de sustancias tóxicas incluidas en dicho inventario. En conjunto, estas plantas industriales descargaban unos 2.732 millones de kg de otros contaminantes no cubiertos por el TRI en los cursos de agua y en el sistema de desagües públicos.

Existe, de todos modos, un gran potencial para mejorar la eficiencia de este sector industrial y encaminarlo hacia la sustentabilidad a través de la minimización de la cantidad de descargas tóxicas que se vierten en los cursos de agua, de los contaminantes liberados al aire y de la generación de desechos sólidos. También la producción forestal sustentable, el control de la demanda de los consumidores y la maximización del uso de fibras recicladas y alternativas son componentes críticos para encaminar al sector de la pulpa y el papel hacia la **"producción limpia"**.

El concepto de **"ciclo cerrado"** en las fábricas de pulpa procura eliminar las descargas al medio acuático, reciclar y reutilizar todo lo posible los residuos sólidos y líquidos de los procesos y reducir las emisiones gaseosas al nivel más bajo posible en cantidad y toxicidad. Finalmente, una planta debería ser capaz de generar su producto primario (pulpa) haciendo que la mayoría de sus residuos sean factibles de ser usados para obtener productos secundarios.

Actualmente, la mayoría de los residuos sólidos en las plantas que intentan cerrar el circuito son quemados como fuente de energía para la propia planta. Si bien esto podría calificarse como una "reutilización", esto está lejos del ideal de una completa reutilización de sus residuos. Los futuros desarrollos deben avanzar aún en mayores y mejores opciones de usos para los residuos sólidos de las plantas de pulpa.

Desde el descubrimiento de los compuestos altamente tóxicos, como las dioxinas, en las descargas de las plantas de pulpa de papel ha habido enormes esfuerzos para reducir la toxicidad de las descargas líquidas de las plantas. Los esfuerzos se han concentrado tanto en los denominados *"tratamientos de final de tubería"* como también en la eliminación de precursores de algunos compuestos tóxicos.



A pesar de los diversos progresos alcanzados en estos frentes, persisten aún una considerable cantidad de impactos tóxicos. Daños genéticos en peces y el aumento de la toxicidad en microorganismos que colaboran en la degradación de los desperdicios, continúan presentes en los efluentes tratados de las plantas que utilizan dióxido de cloro como agente blanqueador

La presencia de resinas ácidas y otros componentes no identificados continúan presentando problemas de toxicidad en todas las plantas kraft, independientemente del proceso de blanqueo que se utilice. Los ecosistemas cercanos a estas plantas experimentan una reducción significativa de la diversidad de plantas y animales capaces de vivir cerca de ellas, aún en los caso en los que se cumple con las regulaciones ambientales. Estos hechos enfatizan la necesidad de alentar las estrategias que estén dirigidas a **cerrar el circuito de los descargas**.

Los efectos de estas plantas sobre los trabajadores y las comunidades locales son importantes. La exposición a los químicos blanqueadores, los gases que emanan estos procesos, las emisiones de las piletas de tratamientos y las bacterias y hongos provenientes de los chips de madera y los polvillos impactan directamente sobre la salud y seguridad de quienes trabajan en las plantas y quienes viven cerca de ellas.

Mientras que en la mayoría de las plantas modernas en el mundo pueden presentar niveles comparables de toxicidad en sus efluentes, aquellas que para el proceso de blanqueo emplean sólo químicos en base a oxígeno (TCF)<sup>2</sup> son las que presentan los menores niveles de toxicidad tomando como base un amplio espectro de parámetros de toxicidad. **La operación de plantas de circuito cerrado resultará en la eliminación de todo vertido tóxico al ambiente acuático (TEF)<sup>3</sup>.**

La generación de residuos sólidos provenientes de la pulpa debería concluir en un circuito cerrado dentro de la planta. Hasta que eso se alcance, estos residuos requieren ser dispuestos apropiadamente. Los procesos de circuito cerrado probablemente incrementen la cantidad de residuos sólidos que se generan en piletas de sedimentación y filtros. Estos residuos serían el remanente de las purgas de los agentes químicos y los elementos que pueden entorpecer el proceso o dañar los equipos. Esta es un área en la que se deben mejorar las opciones de reciclado y minimización, entre tanto la única opción para este remanente de residuos sólidos son los rellenos sanitarios de seguridad.

El consumo total de energía es un elemento crítico para una evaluación ecológica de una planta de celulosa. Un factor esencial en este calculo es el balance energético inherente en el sistema de blanqueo. Casi sin excepción, la información científica indica que las secuencias de blanqueo mediante químicos en base a oxígeno (TCF)

---

<sup>2</sup> TCF: Totally Chlorine Free (Totalmente Libre de Cloro). Significa que la pulpa virgen (no reciclada) ha sido blanquea sin utilizar compuestos de cloro. El blanqueo TCF por lo general utiliza químicos en base a oxígeno: oxígeno, ozono y peróxido de hidrógeno.

<sup>3</sup> TEF: Totally Effluent Free (Totalmente Libre de Efluentes). Pulpa producida sin ningún tipo de efluentes.

presentan una eficiencia superior sobre las secuencias basadas en dióxido de cloro (ECF)<sup>4</sup>.

El rendimiento de la madera y la calidad del papel son dos áreas que han sido frecuentemente usadas por la industria, particularmente en Estados Unidos, para sugerir que las secuencias de blanqueo en base a oxígeno no eran ni ecológica ni económicamente preferibles.

Estas comparaciones que se refieren a reducciones en el rendimiento de la madera se basan en cómo la fibra se convierte en pulpa. Este tipo de comparaciones es errónea y tales variaciones no tienen vinculación con el rendimiento con el tipo de blanqueo usado en la planta. Dejando a un lado los efectos sobre el rendimiento en el proceso de pulpado, las aseveraciones hechas acerca de la pérdida de rendimientos debido al blanqueo en base a oxígeno han sido hechas en base a la medición del contenido de carbohidratos en los efluentes y la denominada Demanda Química de Oxígeno (DQO)<sup>5</sup>. Esto han sugerido que hay entre 0-1% de incremento en consumo de madera por el empleo de producción en base a oxígeno. Estas evaluaciones, basadas en mediciones secundarias, no han sido debidamente fundamentadas. La bien investigada caída en el rendimiento de un 6% en la planta TCF de Wisaforest en Finlandia es probablemente debido al hecho que la planta conmuta de ECF a TCF y el resultado es que no tiene un sistema TCF optimizado. La planta de Södra Cell (Suecia) no ha presentado un cambio en el consumo de madera desde su conversión total a TCF, al igual que los informes de la planta de Louisiana Pacific en Samoa California luego de su conversión a TCF. Si bien éste es un aspecto que debería ser mejor estudiado, las pérdidas de rendimiento no parecen ser un factor significativo para rechazar el sistema TCF teniendo en cuenta los beneficios generales de utilizar procesos de blanqueo en base a oxígeno.

Algo similar sucede con las advertencias acerca de la inferior calidad de la pulpa proveniente de secuencias de blanqueo en base a oxígeno. Esto toca un área de gran preocupación para una pequeña porción del mercado de la celulosa a escala mundial. Se exagera y se presenta este aspecto como un defecto de todo el espectro de celulosa kraft blanqueada y esto se sostiene en base a datos, por la general, desactualizados. Como comentario general podemos decir que no existen apreciables reducciones en la calidad de las pulpas blanqueadas en base a oxígeno respecto a los productos blanqueados con dióxido de cloro y el debate no tiene relevancia tanto para los usuarios de pulpa ni en los consumidores en general.

---

<sup>4</sup> **ECF:** Elementary Chlorine Free (Libre de Cloro Elemental). Describe que el proceso de blanqueo de la pulpa se realiza sin usar gas cloro o cloro elemental, pero este proceso aún utiliza compuestos de cloro. Comúnmente se utiliza el Dióxido de Cloro.

<sup>5</sup> **Demanda Química de Oxígeno (DQO):** La cantidad de materias orgánicas putrescibles se puede determinar por dos procedimientos que son la Demanda química de oxígeno (DQO) o la Demanda biológica de oxígeno (DBO). La primera se realiza por vía química y la segunda por intermedio de las bacterias. Las dos oxidan la materia orgánica fijando el oxígeno. La Demanda Química de Oxígeno, DQO, es la cantidad de oxígeno consumido por los cuerpos reductores presentes en un agua sin intervención de los organismos vivos.

Los costos de convertir una planta existente a una que cierre el circuito de sus efluentes es un área donde existe una gran variedad de información. En general, los datos indican que son similares tanto para los que utilizan sistemas de blanqueo en base a dióxido de cloro o en base a oxígeno. En cambio, en las nuevas plantas, aparece ser más eficiente la inversión para optimizar una planta en base a blanqueo con oxígeno y diseñar el cierre del circuito.

La salud y el bienestar de los trabajadores y las comunidades en los alrededores de las plantas debería ser una materia prioritaria. Los trabajadores frecuentemente se ven expuestos en sus sitios de trabajo a concentraciones excesivas de químicos.

No existen químicos blanqueadores benignos, pero las investigaciones muestran que los químicos basados en oxígeno presentan menores riesgos inmediatos y de largo plazo para los trabajadores y para el público en general. Adicionalmente, las mejoras vinculadas al cierre del sistema deberían incluir otras mejoras, tales como removedores de gases, sistemas de recolección de gases no condensables que eliminarían riesgos y los revulsivos olores que abundan en algunos puestos de trabajo. Desde el punto de vista de la seguridad de los empleados, definitivamente es preferible utilizar el blanqueo TCF. El dióxido de cloro es altamente volátil y debe ser fabricado en el sitio donde será usado. Aún si la industria lograra diseñar un método para cerrar el circuito del dióxido de cloro, seguirían existiendo amenazas para la salud de los trabajadores. En cuanto a la seguridad de la comunidad, el derrame de 600.000 litros de dióxido de cloro ocurrido en Powell River el 17 de octubre de 1994 lo dice todo. Si esa noche el viento no hubiera estado soplando hacia el mar, cientos de personas se habrían intoxicado con gas mientras dormían.

Finalmente, observando el actual estado del arte en los esfuerzos para construir y operar una planta a escala industrial a circuito cerrado y existiendo esfuerzos en esa dirección tanto en sistemas en base a dióxido de cloro como oxígeno, surgen algunos claros desafíos y certezas. En los casos de secuencias de blanqueo en base a oxígeno, el control de metales en el licor del proceso es el mayor desafío. Mientras que en los sistemas que emplean dióxido de cloro deben poner su máxima preocupación en el daño sobre el equipamiento debido a la re-circulación de los compuestos clorados altamente corrosivos. Las plantas que procuran operar en base a dióxido de cloro no han sido capaces de alcanzar un alto grado de cierre de efluentes por largos períodos. En cambio las plantas en base a oxígeno han alcanzado los menores niveles de efluentes y han sido capaces de operar por períodos más prolongados entre purgas del sistema.

**Dadas las más amplias investigaciones y evidencias en cada una de estas áreas, la mejor opción y el camino hacia los mejores resultados ecológicos se obtienen a través de plantas en base a oxígeno y de pasta kraft a circuito cerrado.**

## TCF versus ECF

A mediados de la década de los '80, se inició la discusión sobre el proceso del blanqueo de la pulpa de papel. Los análisis mostraban un alto contenido de compuestos organoclorados (AOX)<sup>6</sup> en las aguas de desecho de las plantas de pulpa y el debate en torno a las dioxinas cobró una gran dimensión. El debate fue intenso y fue liderado básicamente por las organizaciones ambientalistas y de consumidores. La presión de los consumidores obligó a muchas editoriales a establecer programas medioambientales y a usar papel Totalmente Libre de Cloro (TCF). A medida que la demanda y la producción de pulpa y papel TCF crecía, el debate y las actividades de las organizaciones de consumidores se debilitaron y la agenda de las ONGs tuvo otras prioridades. La falta de atención sostenida por el tema TCF-EFC no sólo llevó a los consumidores y proveedores a no continuar atentamente la evolución de la aplicación de técnicas TCF y EFC, sino también condujo a la creencia generalizada de que el *"tema del blanqueo con cloro"* estaba resuelto.

Sin embargo, 15 años después del pico del debate, el 25% de la pulpa blanqueada químicamente a escala mundial se fabrica con el método tradicional de blanqueo por gas cloro y alrededor del 70% de la pulpa se blanquea con dióxido de cloro (ECF), lo cuál significa que el 95% de la producción mundial de pulpa blanqueada químicamente se produce con compuestos de cloro altamente tóxicos. Solamente una pequeña parte de la pulpa (el 5%) es Totalmente Libre de Cloro (TFC). Al mismo tiempo, la producción de pulpa blanqueada químicamente ha crecido durante los últimos 15 años, de 56 millones de toneladas a casi 90 millones de toneladas.

Actualmente existe gran cantidad de acciones que procuran mostrar que el método ECF es claramente una opción favorable para el medio ambiente. Se recopilan datos y se citan estudios que se utilizan erróneamente para sostener esta postura. Un grupo de presión empresarial que se ubica detrás de la promoción del ECF como una alternativa favorable para el medioambiente es la *Alliance for Environmental Technology* (AET), un grupo de presión a favor del dióxido de cloro, fuertemente apoyado por la industria química y las empresas forestales.<sup>7</sup>

A pesar de que el costo para instalar una nueva planta de papel Kraft con bajos efluentes y que use ozono es menor comparado con el de instalar una planta tradicional que use dióxido de cloro y los costos de operación son mucho más bajos, casi todas las nuevas plantas que se instalan son en base a ECF.

El impacto sobre el ambiente acuático es enorme a pesar de que el uso tradicional del cloro en el blanqueo ha decrecido en favor del método ECF, la industria del papel continúa siendo una de las industria más contaminantes en el mundo. Un estudio reciente de la Universidad de Estocolmo muestra el nivel elevado de dioxinas en

---

<sup>6</sup> AOX: Halógenos Orgánicos Absorbibles. El valor AOX es un parámetro de adición que mide la concentración total de cloro ligado a compuestos orgánicos presentes en las aguas de desecho. El AOX mide todos los compuestos del cloro.

<sup>7</sup> La AET es un conglomerado internacional de industrias químicas cuyo principal objetivo es la promoción del sistema ECF de blanqueo de pulpa. [www.aet.org](http://www.aet.org)

pescados del Mar Báltico producto de las plantas de papel. El estudio establece un vínculo entre la contaminación y el proceso de blanqueo con dióxido de cloro.

**Teniendo en cuenta tanto los costos de inversión, como el desempeño ambiental (incluyendo un alto grado en el cierre de circuitos), la opción óptima, cuando se trata de invertir, es una planta de sistema TCF.**

### ***La situación actual***

Ante una falta de seguimiento continuo del tema por parte de las organizaciones ambientales y de consumidores la industria ha sido muy hábil para divulgar información y presionar a favor del método ECF.

Esto ha producido una falta de información acerca de las ventajas de sistema TCF comparado con el sistema ECF, especialmente cuando se analizan las posibilidades de cerrar el circuito de los efluentes. Con información más severa a disposición, seguramente más compañías y gobiernos cambiarían de opinión y estarían mucho más activos sobre el tema.

Las ventas anuales de la industria forestal en el mundo ascienden a alrededor de 750 mil millones de dólares, lo cual la convierten en una de las industrias más importantes del mundo, según datos del estudio anual de Price-Waterhouse Coopers del 2004.

**La industria de la pulpa y papel es la segunda mayor consumidora mundial de cloro y la mayor fuente de descargas directas de compuestos organoclorados a los cursos de agua. En la actualidad muchas plantas en el mundo producen papel brillante, de alta calidad, usando una tecnología totalmente libre de cloro, sin embargo, la mayoría de la producción de pulpa y papel blanqueados todavía se basa en el uso de compuestos tóxicos de cloro.**

Las emanaciones más importantes del proceso químico de la madera pueden dividirse en las siguientes categorías. Se colocan algunos de los parámetros típicos de las plantas de celulosa Kraft blanqueada que surgen de las BAT (Best Available Technique)<sup>8</sup> en promedios anuales.

#### **Agua**

- **DBO (Demanda Biológica de Oxígeno):** Describe la cantidad de sustancias orgánicas biodegradables: 0,3-1,5 kg./ tonelada seca al aire (ADt).
- **DQO (Demanda Química de Oxígeno):** Describe la cantidad de todas las sustancias orgánicas, incluyendo DBO: 8-23 kg/ADt.
- **AOX (Halógenos Orgánicos Absorbibles):** Es la cantidad de cloro presente en los compuestos orgánicos: <0,25 kg/ADt.

---

<sup>8</sup> BATT IPPC: Mejores Técnicas Disponibles según lo establecido por la Comisión Europea de Prevención y Control Integral de la Contaminación.

- **N (Nitrógeno total):** Es un nutriente que contribuye a la eutroficación: 0,1-0,25 kg/ADt.

- **P (Fósforo total):** Es otro nutriente que contribuye a la eutroficación: 0,01-0,03 kg/ADt.

## **Aire**

- **SO<sub>2</sub> (Dióxido de Azufre):** 0,2-0,4 kgS/ADt.

- **TRS (Azufre Reducido Total):** 0,1-0,2 kgS/ADt.

- **NO<sub>x</sub> (Oxidos de Nitrógeno):** 1,0-1,5 kg/ADt.

## **Residuos**

- **Residuos no peligrosos:** a disponerse en rellenos sanitarios: 30-60 kg/ADt.

Las plantas de pulpa de papel utilizan enormes cantidades de agua. En las plantas de pulpa Kraft, la mayor preocupación radica en sus descargas hacia las aguas. Las mismas se originan en la manipulación y lavado de la madera, los condensados, derrames y los efluentes de la plantas de blanqueo. El proceso de la madera y el blanqueo de la pulpa son las fuentes permanentes de descargas.

La permanente alta demanda de agua puede afectar seriamente el hábitat natural cercano a la plantas, reducir los niveles de agua y cambiar la temperatura del agua en los ríos o fuentes que se utilicen. Ambos factores ambientales son críticos para la fauna ic্তícola. En general, los efluentes líquidos son hoy mucho menos tóxicos que hace 10 años atrás. Sin embargo, los "accidentes" y vuelcos de tóxicos son sumamente dañinos.

Las aguas de las descargas de las plantas continúan dañando los ecosistemas circundantes. Las pruebas de laboratorio muestran que los efluentes de las plantas causan deterioros reproductivos en el zooplancton, los invertebrados y los moluscos. Otros estudios muestran daños genéticos y reacciones en el sistema inmune de los peces.<sup>9</sup>

Las emisiones al aire por parte de las plantas contienen productos químicos cancerígenos y que generan desordenes hormonales, tales como los fenoles clorados, hidrocarburos aromáticos policíclicos (PAHs) y compuestos orgánicos volátiles (VOCs). Por ejemplo, las plantas costeras de British Columbia, en Canadá, son la mayor fuente provincial de dioxinas y furanos en el aire (dos de las sustancias conocidas más tóxicas que existen).

La mayoría de las plantas de pulpa usan el método del sulfato, el cuál emite los malolientes compuestos de azufre al aire. En la parte norte de Europa y en Norteamérica, importantes poblaciones que viven cerca de las plantas de pulpa están expuestas a diario a distintos niveles de estos contaminantes.

Hace mucho tiempo que el penetrante olor de estas sustancias representa un gran

---

<sup>9</sup> Easton y colaboradores.

problema para el medio ambiente. Recientes estudios epidemiológicos han provisto evidencias de los posibles efectos sobre la salud que provoca la exposición a estos compuestos a niveles habituales en la vecindad de las plantas de pulpa.

Un estudio finlandés (The South Karelia Air Pollution Study) muestra que la exposición a los compuestos malolientes de azufre aumenta el riesgo de padecer infecciones respiratorias agudas. Este estudio refuerza la evidencia de que una exposición prolongada aumenta los síntomas del tracto respiratorio, a niveles mucho menores de lo esperado, de acuerdo a los conocimientos que se tenían hasta ahora sobre la toxicidad de estos compuestos. Sin embargo, el vínculo inherente entre exposición y olor penetrante plantea la cuestión de posibles nuevos efectos psicológicos o fisiológicos o ambos.

Usualmente, en el proceso de blanqueo, los productos químicos blanqueadores son inyectados en la pulpa y la mezcla resultante es lavada con agua. Este proceso se realiza varias veces y genera una gran cantidad de líquido residual. Además, los respiraderos de los tanques de blanqueado emiten contaminantes muy peligrosos al aire, que incluyen cloroformo, metanol, formaldehído y metil-etil acetona.

Según los productos químicos blanqueadores utilizados, las aguas de desecho provenientes del proceso de blanqueo pueden contener compuestos organoclorados. La combinación de productos químicos puede generar la formación de una cantidad de compuestos químicos tóxicos como dioxinas, furanos y organoclorados. A pesar de que los efluentes generalmente se descargan en una planta de tratamiento de aguas de desecho, los productos químicos antes mencionados no desaparecen: o bien se acumulan en los sedimentos o "atraviesan" la planta y se acumulan en los océanos y ríos en los que la planta descarga sus residuos.

Toda planta de pulpa produce varias toneladas de lodo por día al que se lo seca y se lo dispone en rellenos o se lo quema. El lodo se genera en las plantas de tratamiento secundario, las cenizas de las calderas generadoras de energía, el procesamiento de productos químicos, los residuos de fibras, etc. Muchas plantas queman su lodo junto con residuos del cocinado para generar energía. El lodo dejó de generar problemas de contaminación en el agua y en el suelo pero pasó a generar problemas de contaminación en el aire.

Las descargas de efluentes de la producción de pulpa siguen provocando efectos negativos sobre el ecosistema acuático, a pesar de la gran disminución de las cantidades de AOX. Además de los compuestos de cloro orgánico, las sustancias naturales de la madera (como los ácidos resinosos, terpenos, esteroides, etc.) bien pueden jugar un papel decisivo en esta cuestión.

## ***Blanqueo de pulpas***

Las aguas de desecho que generan mayor preocupación, desde el punto de vista de la contaminación, son las que se producen durante el proceso de blanqueo de la pulpa. El uso de compuestos de cloro para blanquear genera la descarga de contaminantes peligrosos, tales como las dioxinas.

Otros componentes presentes en las descargas de aguas de desecho se cuantifican por la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) y la Demanda Química de Oxígeno (DQO), color, toxicidad y varios orgánicos disueltos. Las empresas blanqueadoras de pulpa descargan aproximadamente 1,3 mil millones de m<sup>3</sup> de aguas de desecho por año.

El potencial para reciclar el agua de desecho blanqueada está limitado por la corrosividad de los compuestos de cloro residuales presentes en la misma. A consecuencia de esto, las plantas de pulpa vierten las aguas de desecho producidas por la planta de blanqueo, liberando hacia el medio ambiente productos químicos residuales del blanqueo y energía calórica recuperable.

El objetivo primario del proceso de blanqueo es blanquear la lignina marrón sin degradar la pulpa. Los productos químicos remueven la lignina para que el color natural blanco de la fibra aparezca. El brillo del papel es medido en ISO, el cual muestra el porcentaje total de blancura. La pulpa Kraft no blanqueada de madera blanda tiene un ISO de aproximadamente 26%. La pulpa blanqueada tiene un ISO de 70-90%.

Pero el blanqueo también tiene otro impacto sobre la pulpa. La pulpa adquiere otras cualidades: limpieza biológica y química, durabilidad durante el almacenamiento y a la exposición a la luz del sol.

Es más fácil blanquear pulpas al sulfito que pulpas Kraft y algunas plantas europeas de sulfito fueron las primeras en producir pulpas ECF y TCF.

### ***Blanqueo con cloro***

Tradicionalmente, el gas cloro ha sido usado como producto químico blanqueador ya que es económico y efectivo. Luego se descubrió que sus efectos ambientales eran inocultables. El uso de cloro alcanzó su nivel máximo a mediados de los '70.

La industria de la pulpa ha descargado durante décadas grandes cantidades de productos químicos, residuos de fibras y de madera en las aguas costeras. Se formaron grandes bancos de fibras a lo largo de la línea de costas, que produjeron escasez de oxígeno. También se descubrió que la descarga de agua es tóxica y daña a los peces y al ecosistema acuático. Cuando el cloro y el hipoclorito elementales reaccionan con la lignina, forman contaminantes clorados, tales como el cloroformo, las dioxinas y furanos en las aguas de desecho. **Las descargas de las plantas de pulpa, y especialmente de compuestos organoclorados, han sido vinculadas con deformaciones físicas de los peces, cambios hormonales, deterioro reproductivo, desordenes hepáticos, interrupción de las funciones celulares, cambios en la composición sanguínea, daño en la piel y en las agallas, cambios en el comportamiento del cardumen y cambios en la estructura poblacional de los peces.**



## ECF

El método ECF (Libre de Cloro Elemental) significa que no usa gas cloro ( $\text{Cl}_2$ ) para blanquear. A diferencia del método TCF, este puede usar dióxido de cloro ( $\text{ClO}_2$ ). Al incorporar el blanqueo con oxígeno, fue posible introducir dióxido de cloro como agente blanqueador, lo cuál también hizo posible generar un volumen de AOX inferior en los efluentes. La resistencia y calidad de la pulpa producida con el método ECF es tan buena como la producida con el blanqueo por cloro.

La incorporación del blanqueo con ECF ha tenido un gran impacto positivo sobre el medio ambiente, en comparación con el blanqueo con gas cloro. **Los relativamente escasos estudios realizados tanto en laboratorio como sobre los efluentes de las plantas que usan el método ECF publicados hasta ahora indican que el blanqueo de pulpa Kraft proveniente de madera blanda con ECF aún produce cantidades de compuestos clorados.** La transición entre plantas basadas en el blanqueo con cloro hacia plantas blanqueadoras libres de cloro elemental (dióxido de cloro) reduce drásticamente (aunque no elimina) las descargas de dioxinas de las plantas de papel.<sup>10</sup>

## TCF

A principios de los años '90, se presentó un proceso de blanqueo llamado Lignox. En este proceso la pulpa es previamente tratada con oxígeno y con un agente quelante (EDTA: ácido etilenediamina tetracético, DTPA: ácido dietilenetriamina pentacético), y luego es sometida a un proceso de extracción con peróxido de hidrógeno.

**La técnica de blanqueo TCF (Totalmente Libre de Cloro) ha sido mejorada y puede producir actualmente pulpa Kraft de madera blanda con brillo y calidad similares a la pulpa blanqueada con ECF.**

Los procesos de blanqueo de pulpa Kraft que se basan en peróxido de oxígeno o en ozono o en combinaciones de estos agentes blanqueadores (procesos de blanqueo TCF) son aplicados al cien por cien en diversas plantas productoras de Kraft alrededor del mundo, siendo las plantas suecas y finlandesas las precursoras. Las pulpas mecánicas generalmente son TCF. El blanqueo con TCF suprime la descarga de compuestos clorados. Según el documento "Pulp & Paper Industry" con la descripción de las mejores opciones tecnológicas para la Unión Europea, dice sobre este sistema: **"La principal cualidad ambiental alcanzada: En el blanqueo TCF la formación de AOX es cero".**<sup>11</sup>

---

<sup>10</sup> Grupo de Tareas del Papel, 1999; Shariff 1996; N. Consultores McCubbin, 2000 y Olsson Asplund, Bigmert, deWitt, Eriksson, Haglund, Universidad de Estocolmo, 2005.

<sup>11</sup> "Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC). Reference Document on Best Available Techniques in the Pulp and Paper Industry", December 2001, European Commission.

## **Aspectos Ambientales**

El blanqueo de pulpa Kraft de madera blanda y dura con el método TCF genera un contenido de cloro de alto peso molecular extremadamente bajo y muy similar al que se presenta en forma natural en los materiales húmicos.

Un estudio de una planta finlandesa de 1995, que comparaba los efluentes de plantas de blanqueo ECF y TCF, halló que los niveles de toxicidad de los efluentes de las plantas TCF eran, sin excepción, más bajos que los de las plantas ECF.<sup>12</sup>

Un estudio científico canadiense de 1997 descubrió que aún los efluentes diluidos de una planta de blanqueo que usaba dióxido de cloro causaban daño genético a los salmones jóvenes<sup>13</sup>. El dióxido de cloro es un gas altamente tóxico que estimula la producción de contaminantes tóxicos organoclorados en los efluentes de las plantas de pulpa, que incluyen ácidos clorados, cloroformo y sulfonas.

Estudios científicos escandinavos encontraron dioxinas y furanos en las descargas de las plantas que usan el método ECF<sup>14</sup>.

Otros estudios científicos muestran que los efluentes de las plantas que usan el método ECF son más dañinos que los efluentes de las plantas que usan el método TCF. Los procesos TCF muestran los menores valores de toxicidad.<sup>15</sup>

Los métodos TCF/PCF<sup>16</sup> (procesos libres de cloro) suprimen la formación de compuestos orgánicos clorados. Se compararon los efluentes de plantas que usaban los tres métodos usuales de blanqueo de papel y se halló que los efluentes de las aguas de desecho de las plantas que usan el método de blanqueo TCF/PCF eran los menos tóxicos.<sup>17</sup>

El blanqueo ECF genera compuestos organoclorados (medidos como halógenos orgánicos absorbibles o AOX) en las aguas de desecho. Los efluentes de las plantas que usan los procesos de blanqueo ECF mantienen cierta toxicidad. A pesar de que los efluentes de las plantas que usan el método ECF presentan reducciones en comparación con las plantas que usan blanqueo con cloro, el uso del método de blanqueo totalmente libre de cloro genera una mayor reducción del impacto ambiental.<sup>18</sup>

En los efluentes de las plantas de celulosa se encuentran metales que se originan

---

<sup>12</sup> Kovacs y colaboradores, 1995.

<sup>13</sup> Easton, 1997.

<sup>14</sup> Rappe & Wagman, 1995.

<sup>15</sup> Tana et al, 1994.

<sup>16</sup> **PCF (Process Chlorine Free):** Proceso Libre de Cloro, nos indica que el producto está realizado con fibras recicladas y que no se han utilizado compuestos clorados en el proceso de reciclado. El papel original puede o no haber sido blanqueado con compuestos clorados. Esto es casi imposible de determinar hasta que toda la pulpa y el papel sea fabricado en base a procesos TCF. PCF combina los beneficios del reciclado con los del blanqueo en base a oxígeno.

<sup>17</sup> Screening Evaluation of Dioxins Pollution Prevention Options, 2001.

<sup>18</sup> Tarkpea, 1999.

en la pulpa de la madera. No se han encontrado signos de que estos metales provoquen problemas ambientales. Todos los métodos de blanqueo vierten metales. Los agentes quelantes (ej: EDTA) se usan para ligar metales que se encuentran son naturales en la madera y que pueden causar la destrucción del ozono usado para blanquear la pulpa. Los metales también pueden complicar el proceso de blanqueo con peróxido de hidrogeno. Después del tratamiento con agentes quelantes los metales son eliminados a través del lavado y vertidos en los efluentes.

El EDTA se considera una sustancia no tóxica. Esto no quita que las descargas temporarias mayores o pequeñas repetidas muy a menudo puedan tener un efecto negativo sobre el ambiente. Se deben evitar las descargas de EDTA en cantidades que resulten tóxicas. El EDTA no es bioacumulativo en el agua.

La agencia sueca de protección ambiental (EPA) realizó una investigación sobre los agentes quelantes y sus efectos sobre el medio ambiente y no encontró ningún efecto negativo. La cantidad de agentes quelantes es aproximadamente de 5 kg por tonelada de pulpa.

Un reciente estudio publicado en junio de 2005, muestra un aumento en las concentraciones de dioxinas durante el periodo 1979-2000 en el Mar de Botnia, Esto indica que la contaminación continua, y no que se han producido filtraciones de los sedimentos, una hipótesis comúnmente aceptada. El estudio vincula el aumento de los niveles de dioxinas con el blanqueo con dióxido de cloro. Los resultados sorprendieron a toda la industria, dado que el método ECF ha sido promocionado como una buena opción medioambiental.<sup>19</sup>

### ***Cerrando el Circuito del Proceso de Blanqueo***

El continuo desarrollo de procesos de blanqueo que tienden a una mejor relación con el medio ambiente están principalmente concentrados en disminuir las descargas de sustancias orgánicas que demandan oxígeno, medidas como DBO y DQO, las cuales representan los últimos residuos de las sustancias liberadas por la madera. **Cuanto uno más extrae la lignina en las etapas de cocinado y de blanqueo con oxígeno, más disminuyen las descargas.** Entonces, queda sólo una alternativa: recuperar la mayor cantidad posible de descargas del blanqueo e incorporarlas al proceso de la planta. La alternativa es invertir en sistemas de tratamiento externo. Ésta es, a menudo, una solución "de final de tubería" y no permite disminuir el consumo de productos químicos. Además es, en general, muy costosa.

Habiendo agotado los beneficios que se pueden obtener a través del control de la contaminación "al final de la tubería", la industria del papel y la pulpa están intentando hacer cambios en los procesos, de manera tal de mejorar la calidad de las aguas de desecho.

Las tecnologías de prevención de la contaminación más prometedoras y que están ganando aceptación mundial, tanto por parte de la industria como de las autoridades

---

<sup>19</sup> Olsson Asplund, Bigmert, deWitt, Eriksson, Haglund, Universidad de Estocolmo, 2005.

reguladoras, comprenden:

- Encontrar sustitutos para los agentes de blanqueo: cloro elemental e hipoclorito.
- Reducir o eliminar los efluentes de las plantas de blanqueo.

Existen dos tecnologías de blanqueo que están evolucionando para lograr estos objetivos: el ECF y el TCF. Estos avances en las tecnologías de blanqueo alternativas (especialmente TCF) han logrado que la recuperación de energía, el proceso del agua y los productos químicos de blanqueo se dirijan hacia un enfoque de conservación de la energía, conservación del agua y prevención de la contaminación. El reciclado y la recuperación de aguas de desecho del proceso de blanqueo y fabricación de pulpa se denomina **"ciclo cerrado o circuito cerrado"**. La industria de la pulpa y el papel están desarrollando tecnologías de ciclo cerrado pero estas inversiones en tecnologías avanzará únicamente si surge una demanda fuerte por parte del público y de las autoridades.

Los sistemas cerrados siempre implican un riesgo. Las sustancias orgánicas que entran en la planta deben salir de allí, más tarde o más temprano. Si este proceso no se realiza de manera equilibrada, se acumularán grandes cantidades de sustancias dentro del sistema.

El proceso de blanqueo de la planta es un efectivo sistema de limpieza de muchas de las sustancias, las cuáles se encuentran en los efluentes del proceso de blanqueo. Si el efluente es recuperado, se incrementará la entrada neta de muchas de tales sustancias. Esto puede provocar los siguientes efectos:

- mal blanqueo
- acumulación de sustancias en las máquinas procesadoras
- interrupciones en el sistema
- corrosión
- aumento de los costos de energía

Una de las posibilidades para solucionar este problema es instalar sistemas de tratamiento internos entre los procesos. Estos sistemas se denominan "riñones" ya que se supone que funcionan como estos, eliminando de los procesos las sustancias dañinas. Una planta moderna hoy en día tiene varios "riñones" en el sistema: caldera de cortezas, caldera de soda, etc.

El objetivo a lograr es neutralizar todas las sustancias orgánicas de los efluentes. No importa qué método se utilice, recuperación o tratamiento externo, los efluentes del proceso de blanqueo deben disminuir. El efluente del proceso de blanqueo tradicional puede ser de 100 m<sup>3</sup>/ tonelada de pulpa. Mediante procesos internos de cierre del circuito el flujo puede descender a 20-30 m<sup>3</sup>/ tonelada de pulpa. Usando un lavado a presión en lugar de filtros, el efluente del proceso de blanqueo puede descender a menos de 10 m<sup>3</sup>/ tonelada de pulpa. Esto también es necesario para eliminar por completo las sustancias orgánicas de los efluentes de una forma económica y usando la energía eficientemente.

El cierre total del circuito de blanqueo implicaría lavar durante la última etapa con agua limpia. El filtrado luego sería devuelto contra-corriente a través de la etapa de

lavado de la planta de blanqueo y luego a través de la etapa de lavado sin blanqueo. Desde allí, los residuos de la madera de los procesos de hervido y de blanqueo pasarían a ser evaporados e incinerados. Para este cierre total del circuito, los actuales riñones no serán suficientes. Deben desarrollarse nuevos "riñones" y procesos más ajustados en los nuevos sistemas.

Estos pueden ser:

- filtros de membrana
- intercambio de iones
- precipitados
- biológicos
- evaporación e incineración

Para la vasta mayoría de las plantas de pulpa, no descargar ningún efluente resulta, hoy en día, impracticable. Los efluentes de las plantas de blanqueo totalmente libres de cloro (TCF) pueden derivarse hacia el ciclo de reciclado más fácilmente, ya que no contienen el cloro que presentan los efluentes de las plantas de blanqueo ECF. Sin embargo, la experiencia operativa posterior ha demostrado que el cierre total del circuito de blanqueo de las plantas TCF es complejo, aunque varias plantas están cerca de lograrlo. Un informe del Paper Task Force indica que *"las plantas que tienden hacia plantas de blanqueo con el método ECF, libres de efluentes pueden generar emisiones de dioxinas tanto de la caldera de recuperación como del incinerador destinado a este fin, si los compuestos orgánicos son quemados en presencia de compuestos clorados"*<sup>20</sup>.

La empresa finlandesa Conox Ltd. (parcialmente propiedad de EKA Chemicals, productora de dióxido de cloro) ha desarrollado una técnica para reducir el proceso de uso de agua y su purificación interna para poder cerrar el circuito del agua. Desde un punto de vista ambiental, el problema no está resuelto, salvo que el concentrado sea eliminado de una manera aceptable. Los residuos del filtrado son tratados en un aparato llamado "oxidador". Acorde a la información de Conox *"no se re-incorporan al sistema de recuperación de productos químicos de la planta elementos que contengan cloro o elementos dañinos ajenos al proceso"*. No existe información acerca de dónde se vierten los compuestos tóxicos. Usando el proceso TCF puede evitarse esta inversión extra (11 millones de dólares para una planta de 360.000 toneladas por año).

Resulta imposible cerrar el circuito de una planta de pulpa por completo. La misma cantidad de sustancias no orgánicas que ingresan en la planta deben salir y deben ser procesadas o depositadas de manera satisfactoria. Sin embargo, uno puede cerrar el sistema desde el punto de vista de los efluentes, entonces ningún material no orgánico abandona la planta. Este tipo de planta se denomina TEF (Totalmente Libre de Efluentes). Una planta con estas características es por supuesto más sensible a las alteraciones que una planta convencional y requerirá más conocimientos y dominio de la técnica.

Obviamente, al eliminar los productos químicos basados en cloro, la industria de la pulpa y el papel podría eliminar la producción de enormes cantidades de contaminantes tóxicos y organoclorados persistentes. Estos contaminantes, entre los

---

<sup>20</sup> Grupo de Tareas del Papel, 1999.

que se pueden incluir las dioxinas, generan una seria amenaza para el medio ambiente y para la salud humana río abajo de la plantas que usan productos químicos basados en cloro. Además de prevenir la contaminación con organoclorados, al eliminar los productos químicos clorados de la industria de la pulpa, permitiría a las plantas cerrar el circuito y reutilizar el agua del proceso. Al eliminar los productos químicos basados en cloro y cerrar el ciclo, las plantas pueden reducir el uso de agua limpia hasta un 88%.

A pesar de que todavía será necesario el tratamiento de los efluentes de la planta de pulpa para eliminar los sólidos y ajustar la Demanda Biológica de Oxígeno (DBO), la Demanda Química de Oxígeno (DQO) y el PH (acidez), las empresas notarán un ahorro significativo en los costos al no tener que cumplir cada vez con límites más exigentes de cantidades de dioxinas, furanos y AOX en sus descargas.

Muchas de las alternativas libres de cloro permiten la recuperación de los productos químicos usados en el blanqueo. Si todos los productos químicos basados en cloro son eliminados y se cierra el circuito, las plantas de pulpa también podrán recuperar porcentajes significativos de soda cáustica (hidróxido de sodio). Se estima que la tasa de recuperación sería de más del 50%, en algunos casos alcanzar el 90%.

Cuando se realizaron reducciones sustanciales en la cantidad de compuestos clorados de los efluentes vertidos en el medio ambiente acuático, se hizo evidente que otros productos químicos, todavía presentes en los efluentes de las plantas, pueden también dañar la vida acuática. Aun cuando los efluentes de las plantas que usan el método de blanqueo con oxígeno son significativamente menos tóxicos que las plantas que usan el método ECF, no pueden evitarse las descargas peligrosas. **Por lo tanto, es imperativo que las plantas se encaminen cuanto antes hacia una producción de circuito cerrado, en la cuál se reutilice el agua y los productos químicos y se eliminen las descargas de los efluentes.**

## ***Plantas de circuito cerrado: Casos***

### **SCA Pulp AB - Östrand, Suecia**

La empresa forestal sueca SCA ha conseguido cerrar el circuito del blanqueo en un 95% en su nueva planta de pulpa Kraft TCF de Östrand. La planta de blanqueo fue inaugurada en 1995 y fue desarrollada por Sunds y con la empresa norteamericana Union Camp. El proceso utiliza peróxido, oxígeno y ozono. Cuanto menos peróxido se utiliza menor es el costo del proceso. Los productos fabricados usualmente tienen las siguientes propiedades: brillo 80 al 90% ISO y una resistencia y limpieza similar a las pulpas ECF. De acuerdo al director de Producción, Ingela Ekebro, la pulpa TCF tiene las mismas cualidades y costos que las ECF<sup>21</sup>.

El proceso ha disminuido el flujo de efluentes de 45 a 5 m<sup>3</sup>/ t pulpa. El proceso de blanqueo actualmente está ahora cerrado en un 95%. Los AOX han bajado a cero y la DQO ha descendido de 65 kg/t pulpa a 40 kg/t pulpa. Si se compara la nueva

---

<sup>21</sup> PPI, abril 2005.

línea TCF con la vieja línea ECF, se ha producido un ahorro en el consumo de agua del 75%, la carga de AOX fue eliminada, las sustancias bioacumulativas fueron reducidas en un 99,2%, los productos de la madera en las descargas disminuyeron en un 72% y la DQO en un 49%. Los equipos para tratamiento de efluentes han sido instalados recientemente y la planta está trabajando para mejorar el rendimiento del tratamiento con la expectativa de que la descarga de DQO llegue a ser inferior a 10 kg/ADt. Esto representaría una reducción de alrededor del 80% en comparación a la vieja planta ECF. La capacidad de producción de la planta TCF es de 370.000 toneladas de pulpa Kraft de madera.

### **Samoa Pacific Cellulose - Samoa. California, Estados Unidos**

Samoa Pacific Cellulose es la propietaria de una planta de blanqueo de pulpa Kraft en Samoa, California. La planta de Samoa produce pulpa TCF, blanqueada con peróxido de hidrogeno y oxígeno. Extraer la lignina con oxígeno, recuperar los productos químicos agregados de las aguas de desecho y reciclar las aguas de desecho ha generado muchos beneficios que se sintetizan a continuación:

- Reducción de los efluentes de la planta de blanqueo en un 71%, de 45 a 13 m<sup>3</sup>/ADt
- Reducción del uso de agua en el blanqueo en un 50%, de 44 a 22 m<sup>3</sup>/ADt
- Reducir el uso de agua en el proceso de la planta en un 31%, de 75 a 52 m<sup>3</sup>/ADt
- Reducción del uso de vapor de la planta de blanqueo en un 17%, a 2,47 GJ /ADt
- Mejorar la claridad de las aguas de desecho.
- Eliminación de la descarga de organoclorados al océano, reduciendo el riesgo para la vida marina y bañistas.
- Reducción del olor en la planta, reduciendo el promedio mensual de quejas por olor ante la AQMD (Distrito de Administración de la Calidad del Aire) de 116 en 1990 a 48 en 1995.

### **Metsä-Botnia - Rauma, Finlandia**

La planta Metsä-Botnia de Rauma, Finlandia (antes conocida como Metsä- Rauma) es una planta que produce 570.000 tAD/año de pulpa de madera blanda. Está ubicada en el sur de Finlandia y empezó sus operaciones en 1996. La inversión informada fue de U\$S 700 millones. La planta fue construida específicamente para fabricar pulpa Kraft con el método TCF para ser usada con producción de papel integrada y para vender como pulpa de mercado. Se esperaba que la secuencia TCF ofreciera ventajas tanto al mercado como que en la reducción del flujo de efluentes en la planta de blanqueo.

Los efluentes de la planta son co-tratados con las aguas de desecho de la planta de papel adyacente UPM-Kymmene en una planta de tratamiento biológico de lodo activado.

Los dueños originales de la planta Rauma indicaron que la inversión y los costos operativos fueron más bajos en esta planta con método TCF que con el sistema ECF. La decisión de usar ozono de consistencia media se basó en un menor

inversión y en las experiencias positivas de la planta Metsä-Botnia Kaskinen.

Rauma puede verse como la primera de una nueva generación de plantas construidas para el método TCF y para el cierre del circuito del sistema de agua.

### **MoDo - Husum, Suecia**

En la planta MoDo de Husum, el sistema de blanqueo en la línea de pulpa de abedul logró un cierre del circuito del 100%, pero sólo durante unas semanas. A fines de los años '90, ésta fue una planta para investigar el tema del cierre del circuito de los efluentes de blanqueo ECF. Se invirtió mucho tiempo y dinero. Hoy en día esta investigación ha sido abandonada. Surgieron demasiados problemas que fueron imposibles de solucionar. Desde el punto de vista de los ingenieros, parece posible cerrar el circuito de una planta de blanqueo ECF. Pero en la realidad, es mucho más complicado de lo que se dice y los costos son muy altos. Dado que los compuestos clorados son corrosivos y deben ser separados antes de cerrar el circuito.

### **Una comparación de cerramiento del circuito de agua**

Una de las fábricas más actualizadas en materia de circuitos cerrados de agua es la de Metsä-Botnia en Rauma, Finlandia. Produce algo más de 500.000 t/año de pulpa kraft con blanqueo TCF. Los datos se comparan con los de una fábrica moderna ECF<sup>22</sup>.

| Consumo de agua (m <sup>3</sup> /adt) | Fábrica ECF Moderna | Fábrica TCF Metsä-Botnia |
|---------------------------------------|---------------------|--------------------------|
| Descortezador                         | 4,1                 | 1,5                      |
| Digestión y lavado                    | 0,4                 | 0,4                      |
| Planta de blanqueo                    | 28,1                | 5,1                      |
| Secado de pulpa                       | 2,6                 | 0,2                      |
| Evaporación y caldera recuperación    | 2,4                 | 2,1                      |
| Recaustificación                      | 1,4                 | 1,5                      |
| Otros                                 | 1,4                 | 0,8                      |
| Total                                 | 40,4                | 11,6                     |

### **El costo de los cambios**

Se necesita una significativa inversión de capital para convertir los procesos de fabricación de papel con gas cloro a otros métodos de blanqueo. Datos de Canadá sugieren que la diferencia de costos del papel producido con el método ECF y el producido con el TCF se centra en la inversión de capital necesaria para la conversión a un proceso libre de cloro, dado que los costos operativos para producir pulpa libre de cloro son similares a los generados para producir pulpa ECF. Si las plantas pueden cerrar el circuito, pueden producir pulpa a costos menores. Analistas de la industria estiman que las plantas libres de cloro y con circuito cerrado pueden

---

<sup>22</sup> "TECNOLOGÍAS LIMPIAS PARA LA PRODUCCIÓN DE PULPA Y PAPEL DE EUCALYPTUS", Ing. María Cristina Area, Facultad de Ciencias Exactas, Químicas y Naturales, Universidad Nacional de Misiones. XX Jornadas Forestales de Entre Ríos, Concordia, Octubre de 2005



fabricar productos de papel un 30% más barato que las plantas que usan compuestos clorados.

Se estima que los costos de inversión para nuevas plantas totalmente libres de cloro (TCF) son ligeramente inferiores a los de instalar una planta nueva ECF<sup>23</sup>.

---

<sup>23</sup> Consultores N, McCubbin, 2000.

## ***ECF o TCF: Una opción clave***

Hay diversos informes sobre el impacto ambiental de los procesos de blanqueo ECF y TCF. La mayoría de los informes fueron producidos en los años '80 y '90. Los informes más recientes tienen una perspectiva más amplia sobre cómo buscar alternativas para minimizar las cantidades de aguas de desecho, procurando el cierre de los circuitos de las plantas de pulpa.

Las razones por las cuáles la industria todavía gasta grandes sumas de dinero para defender el blanqueo ECF son estrictamente económicas. El cambio de blanqueo con gas cloro a ECF no demandó grandes inversiones y trajo aparejadas diversas ventajas en los procesos. Pero invertir en convertir una vieja planta ECF en una planta TCF requiere mayores costos. Dado que aproximadamente un 70% de la producción mundial de pulpa Kraft blanqueada está basada en la técnica ECF, otra conversión global requeriría enormes inversiones. Por lo tanto, la industria de la pulpa y la industria del cloro tienen intereses comunes. Como expresión de esto es el grupo de presión AET y la Asociación Forestal Norteamericana.

La cantidad de componentes tóxicos presentes en las descargas de plantas ECF varía ampliamente entre una planta y otra. Las mejores plantas tienen un valor AOX inferior a 0,05, comúnmente llamadas "ECF livianas". Estas plantas son muy pocas y generalmente son citadas en investigaciones y en materiales de información. Usando los datos de las mejores plantas ECF como argumento a favor del método ECF, de pronto todas las plantas ECF son mostradas como la mejor opción ambiental o la Mejor Técnica Disponible. Estos argumentos inclusive se usan para las nuevas plantas y estos argumentos son los que se asumen ciertos si no hay presión de la sociedad para invertir en modernas plantas TCF de circuito cerrado.

La industria de la pulpa europea está muy interesada en las investigaciones sobre blanqueo catalítico con gas oxígeno que se están realizando en la Universidad Tecnológica de Helsinki. De acuerdo con el investigador Tuuhla Lehtmaa, existe presión sobre la industria para cambiar al blanqueo con TCF.

El blanqueo con gas oxígeno catalítico proveería las ventajas de la tecnología TCF tradicional, pero tendría aún una mejor relación costo-efectividad que el ECF, el cuál todavía se define como la Mejor Técnica Disponible (BAT) para blanquear<sup>24</sup>.

Con los sistemas TCF las dioxinas se eliminan, se disminuyen los tóxicos liberados al aire y a los cursos de agua, se requiere menos agua en el proceso, y esa agua puede ser reutilizada muchas veces (un paso esencial hacia el desarrollo de sistemas de circuito cerrado). Los efluentes necesitan menos tratamiento y el uso de energía es mucho menor. Todas estas ventajas incrementan los beneficios económicos. Los procesos libres de cloro también hacen más seguros a los puestos de trabajo. En los países escandinavos se utiliza el sistema TCF en un 27% de la producción. Estados Unidos y Canadá están muy lejos con un 1%.

---

<sup>24</sup> Revista de informes nórdicos, junio 2005.

## **El Convenio de Estocolmo**

El Convenio de Estocolmo sobre Contaminantes Orgánicos Persistentes es un tratado global para proteger la salud humana y el medio ambiente de los Contaminantes Orgánicos Persistentes (COPs). Los COPs *"tienen propiedades tóxicas, son resistentes a la degradación, se bioacumulan y son transportados por el aire, el agua y las especies migratorias a través de las fronteras internacionales y son depositados lejos del lugar de su liberación, acumulándose en ecosistemas terrestres y acuáticos"*<sup>25</sup>.

El Convenio de Estocolmo, teniendo presente el criterio de precaución consagrado en el principio 15 de la Declaración de Río sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo, establece como su objetivo central el *"proteger la salud humana y el medio ambiente frente a los contaminantes orgánicos persistentes"*. Este acuerdo internacional está en plena vigencia desde mayo de 2004 y es obligatorio para los gobiernos proteger la salud humana y el medio ambiente de estos productos químicos tóxicos denominados COPs.

Un factor clave de la Convención es que procura la eliminación de los Contaminantes Orgánicos Persistentes (COPs) e identifica una lista de 12 sustancias sobre las cuáles es prioritario actuar. Son la llamada *"docena sucia"*. La lista incluye productos químicos fabricados intencionalmente, tales como pesticidas y PCBs, y también subproductos, tales como los furanos y sustancias que provocan cáncer, como las dioxinas (liberadas por industrias que usan cloro y por incineradores de residuos).

En su Artículo 5, el Convenio, se refiere a las medidas para reducir o eliminar las liberaciones derivadas de la producción no intencional de COPs. Los contaminantes orgánicos persistentes que se forman y se liberan de forma no intencional, según el Anexo C, a partir de fuentes antropógenas son:

- Dibenzoparadioxinas y dibenzofuranos policlorados (PCDD/PCDF)
- Hexaclorobenceno (HCB)
- Bifenilos policlorados (PCB)

Las dibenzoparadioxinas y los dibenzofuranos policlorados, el hexaclorobenceno, y los bifenilos policlorados se forman y se liberan de forma no intencionada a partir de procesos térmicos, que comprenden materia orgánica y cloro, como resultado de una combustión incompleta o de reacciones químicas.

Según se describe en el manual *"Instrumental Normalizado para la Identificación y Cuantificación de Liberaciones de Dioxinas y Furanos"* la producción de pasta es la principal fuente de impacto ambiental que causa la industria de la pasta y el papel. En general, el proceso de fabricación de papel y cartón consiste en tres etapas: fabricación de la pasta, procesamiento de la pasta, y fabricación del papel/cartón.

---

<sup>25</sup> Convenio de Estocolmo sobre Contaminantes Orgánicos Persistentes. [www.pops.int](http://www.pops.int)

Las liberaciones de PCDD y PCDF de las fábricas de pasta y papel pueden producirse mediante los siguientes vectores<sup>26</sup>:

- Emisiones al aire (de la quema de lignito y licor negro para producir energía);
- Emisiones al aire de la quema de madera o corteza para generar energía;
- Emisiones en el agua de procesamiento (las fábricas de pasta modernas funcionan libres de efluentes);
- Emisiones en el lodo de la pasta, que se puede aplicar a la tierra, incinerar o disponer en rellenos/vertederos;
- Emisiones en productos (= pasta, papel), que pasan al mercado como productos.

Teniendo en cuenta estos vectores, el Convenio de Estocolmo establece las pautas para cuantificar el impacto de la industria de la pasta de celulosa y el papel para la elaboración de los inventarios.

Acorde a lo que establece el Artículo 5 del Convenio, cada país parte debe adoptar un conjunto de medidas, que se detallan en el texto, para reducir las liberaciones totales derivadas de fuentes antropógenas de cada uno de los productos químicos incluidos en el anexo C, con la meta de seguir reduciéndolas al mínimo y, en los casos en que sea viable, eliminarlas definitivamente.

Entre ellas se indica la necesidad de promover, mediante un plan de acción, el empleo de las mejores técnicas disponibles y las mejores prácticas ambientales. **El Convenio de Estocolmo debe ser un poderoso instrumento político para que cada país establezca planes de mejoras en sus métodos de producción, en este caso, para la industria del papel, con el objeto de eliminar la generación de COPs. Esto se logra, entre otras medidas, a través de la eliminación del uso del cloro y sus compuestos en los procesos de blanqueo.**

---

<sup>26</sup> "Instrumental Normalizado para la Identificación y Cuantificación de Liberaciones de Dioxinas y Furanos", PNUMA, 2da edición, Febrero de 2005.

## Mitos sobre el blanqueo con TCF

- **MITO:** No hay una razón ambiental para adoptar la tecnología TCF. La industria ya ha establecido modificaciones para prevenir la contaminación y para reducir la emanación de dioxinas.
- **REALIDAD:** El simple hecho de que las dioxinas estén a un nivel "*no detectable*", no significa que no existan o que no puedan bio-acumularse a niveles peligrosos para el ser humano. El uso de dióxido de cloro crea cloroformo y dioxinas. El dióxido de cloro es explosivo, emite un gas cloro venenoso y deja residuos organoclorados en el lodo de la planta.
- **MITO:** Las pulpas TCF no son tan resistentes como las pulpas blanqueadas convencionalmente.
- **REALIDAD:** Estas críticas se basan en evaluaciones hechas a las primeras pulpas TCF. Actualmente, las plantas TCF venden papel con resistencia al desgarrar y a la tracción y con longitud de rotura similares a las obtenidas por plantas que usan métodos de blanqueo con cloro.
- **MITO:** Ninguna planta Kraft de alta calidad ha conseguido fabricar pulpa de gran brillo sin usar cloro.
- **REALIDAD:** Hay plantas en Europa, Canadá y Estados Unidos que están produciendo pulpas que alcanzan un nivel de brillo total (más del 85% ISO). Este nivel coincide con el nivel usual de 85-87% de brillo de la mayor parte de la pulpa Kraft.
- **MITO:** Las plantas de papel que usan dióxido de cloro pueden cerrar su circuito de blanqueo y convertirse en "plantas de circuito cerrado".
- **REALIDAD:** Las plantas del futuro deberán ser de "circuito cerrado" y no emitirán efluentes a las vías acuáticas. Algunas plantas TCF europeas están probando sistemas de circuito cerrado. Las plantas ECF se enfrentan a barreras mucho más significativas porque tienen compuestos clorados en sus efluentes y el lodo corroe sus cañerías y sus calderas de recuperación, lo cuál les implica que tengan que destinar elevadas sumas en reparaciones.

## Tendencias en el Mercado Global

Estos eran los principales países productores de pulpa de papel a escala mundial hace una década atrás:

| PAIS           | Producción (x 10 <sup>6</sup> t)<br>(1994) |
|----------------|--------------------------------------------|
| Estados Unidos | 58,7                                       |
| Canadá         | 24,5                                       |
| China          | 17,1                                       |
| Suecia         | 10,9                                       |
| Japón          | 10,6                                       |
| Finlandia      | 10,0                                       |
| Brasil         | 6,1                                        |
| CIS            | 3,3                                        |
| Francia        | 2,8                                        |
| Noruega        | 2,3                                        |

*Fuente: PPI 1995*

A comienzos de la presente década la situación era la siguiente, donde aparecen nuevos actores, como Chile, claramente dedicados al mercado global.

| PAIS           | Producción (x 10 <sup>6</sup> t) | Exportaciones |
|----------------|----------------------------------|---------------|
| Estados Unidos | 52,8                             | 5,3           |
| Canadá         | 24,9                             | 10,3          |
| China          | 17,6                             | 0,0           |
| Finlandia      | 11,2                             | 1,7           |
| Japón          | 10,8                             | 0,1           |
| Suecia         | 11,0                             | 3,0           |
| Brasil         | 7,4                              | 3,3           |
| Rusia          | 6,2                              | 1,7           |
| Indonesia      | 4,3                              | 1,7           |
| Chile          | 2,9                              | 2,2           |
| Noruega        | 2,4                              | 0,6           |
| Francia        | 2,3                              | 0,4           |
| Otros          | 25,5                             | 5,9           |
| <b>TOTAL</b>   | <b>179,4</b>                     | <b>36,1</b>   |

La producción mundial de pasta celulosa en 1994 fue de 171,479 millones de toneladas. Ya en ese momento, Brasil ocupaba un lugar importante en la producción de pulpa de papel a nivel mundial. La producción global de pulpa se distribuye regionalmente de la siguiente manera:

| Pulp production by region |            |            |            |            |            |
|---------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| Region                    | 1998       | 1999       | 2000       | 2001       | 2002       |
| Africa                    | 2,821,549  | 2,740,178  | 2,834,999  | 2,223,800  | 2,309,400  |
| Asia                      | 35,815,300 | 36,809,998 | 33,511,337 | 32,255,134 | 32,484,062 |
| Australasia               | 2,355,000  | 3,690,000  | 2,489,037  | 2,422,098  | 2,643,658  |
| East Europe               | 6,541,300  | 8,345,000  | 8,748,790  | 9,161,188  | 9,587,095  |
| European Union            | 33,281,397 | 33,585,000 | 35,035,499 | 33,169,963 | 34,502,363 |
| Latin America             | 10,689,250 | 11,173,300 | 11,567,682 | 11,808,219 | 12,505,198 |
| North America             | 81,829,500 | 82,207,900 | 83,804,000 | 78,563,000 | 79,144,000 |
| Other West Europe         | 2,644,899  | 2,586,999  | 2,694,188  | 2,598,117  | 2,494,729  |

Notes:  
N/A = not available  
\* All figures are in tonnes

La producción global en el año 2003 alcanzó los 186,4 millones de toneladas y la distribución geográfica fue la siguiente:

| Región                 | % de la producción total |
|------------------------|--------------------------|
| CEPI <sup>27</sup>     | 22                       |
| Latinoamérica          | 7                        |
| Norteamérica           | 42                       |
| Asia                   | 22                       |
| Otros países de Europa | 4                        |
| resto del mundo        | 3                        |

La industria de la pulpa y el papel está en pleno proceso de globalización (expansión geográfica, concentración en un número menor de compañías) y las empresas procuran desarrollar sus actividades allí donde las condiciones económicas resultan más atractivas. Si bien la industria de la celulosa y el papel se ha caracterizado por una alta integración vertical, hoy se produce una notable división entre la producción de pulpa y del papel, siendo la pulpa celulosa hoy un "commodity".

En relación a las empresas europeas, éstas están incrementando en los últimos años su integración con productores de pulpa o materias primas del Sur.

El crecimiento del consumo de papel es permanente. Para el 2010 se espera que los grandes mercados consumidores como Estados Unidos, Europa y Japón se vea ampliado notablemente por China e Indonesia. Brasil y Chile son productores ya insertos en el mercado global de celulosa.

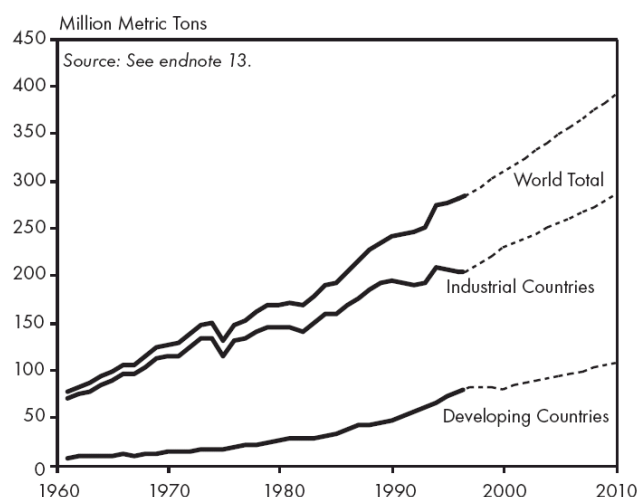
<sup>27</sup> CEPI (Confederation of European Paper Industries). Los países miembros de la CEPI son: Austria, Bélgica, República Checa, Dinamarca, Finlandia, Francia, Alemania, Grecia, Hungría, Irlanda, Italia, Holanda, Noruega, Polonia, Portugal, Eslovaquia, España, Suecia, Suiza y el Reino Unido.

A nivel mundial existen alrededor de 1000 fábricas de celulosa. El 25% de las fábricas y un poco menos del 50% de la producción mundial de la celulosa, se localizan en los Estados Unidos y Canadá.

Cada vez más la celulosa se obtiene de plantaciones, este es un factor que empuja a la industria hacia el Sur, donde existen mejores condiciones para disponer de grandes espacios, aprovechar la mayor rapidez del crecimiento de los árboles y beneficiarse con mano de obra barata. Este cambio de escenario se está produciendo sin que implique necesariamente una traslado de capacidad del Norte hacia el Sur, pero claramente hay una expansión durante las próximas décadas que se pretende realizar en buena medida en base a la producción de pulpa en el Sur.

La creciente demanda de productos celulósicos es enorme y empuja esta ampliación de manera sostenida: De acuerdo con las estimaciones, se espera que el consumo de papel mundial aumente entre 2.5% y 3% para el año 2010.

**World, Industrial, and Developing-Country Paper Consumption, 1961–2010 (projected)**



Durante décadas se mantuvieron constantes las posiciones de liderazgo de los principales países productores y consumidores de pulpa de papel, con Estados Unidos, Europa, Japón y Canadá a la cabeza. Pero en los últimos 15 años, estas posiciones fueron cediendo ante la aparición de nuevos grandes productores, como Brasil, y algunos nuevos grandes consumidores como China y Corea del Sur. Asia ha sido el lugar con el más rápido crecimiento en el consumo de papel en el mundo, con incrementos cercanos al 10% anual. Entre 1980 y 1997 el consumo de papel en esa región se triplicó.

Algunos de los mismos incentivos que alientan a la industria a mudar al Sur la producción de madera para pulpa, también la impulsan a construir allí plantas de pulpa y papel. Tierra barata, en grandes extensiones contiguas, constituye una ventaja, no sólo para plantadores, sino también para productores de pulpa, dado que las plantas de pulpa de última generación tienden a ser enormes y entonces su localización económicamente ideal es en el centro de grandes y compactas áreas productoras de materia prima. Los bajos costos de mano de obra también son, por supuesto, atractivos para las empresas de pulpa, al igual que el afán de muchos



gobiernos del Sur de "otorgar estímulos" a la industria. Normativas ambientales menos exigentes constituyen un atractivo adicional.

Actualmente, hay aproximadamente unas 13 millones de hectáreas de plantaciones de especies de rápido crecimiento (con rendimientos de más de 15 metros cúbicos de madera por hectárea cada año), básicamente destinadas a la producción de pulpa. Alrededor del 80% están en Sudamérica y en Asia. Sudáfrica es también un gran actor aquí. En Brasil, la industria ha estado plantando alrededor de 100 mil hectáreas anualmente con eucalipto y pino. Similares inversiones han permitido a Chile ubicarse velozmente como uno de los principales proveedores de fibra para esta industria.<sup>28</sup>

De allí que se puede evidenciar un flujo de inversiones hacia el sector de la pulpa de Brasil, Chile, Argentina, México y actualmente Uruguay. En todos los casos aprovechando las nuevas plantas de gran escala, madera y empleo barato, y en algunos casos, restricciones ambientales débiles. Por eso la producción de pulpa en nuestra región y en Asia puede fácilmente alimentar mercados de exportación hacia Estados Unidos, Europa o Japón.

La mudanza de las inversiones en plantaciones, pulpa y papel se produce no sólo del Norte hacia el Sur y Norte-Norte, sino también Sur-Sur e incluso, en algunos casos, del Sur al Norte. Economías con excedentes de capital, como por ejemplo Corea del Sur y Taiwán, están incrementando sus inversiones en la producción de astillas (y pulpa) en el exterior, no sólo en el sudeste asiático sino también, por ejemplo, en el sudeste de los Estados Unidos, en parte para asegurar un abastecimiento seguro para los productores de papel a nivel interno. Al mismo tiempo, una empresa china planea construir una planta de pulpa que utilizaría a los bosques nativos del sur de Tasmania como materia prima, mientras que empresas malasias y chinas se han unido a sus contrapartes japonesas y estadounidenses, invirtiendo en áreas forestales estatales recientemente privatizados de Nueva Zelanda. En tanto, la principal empresa sudafricana de pulpa y papel (Sappi), controla compañías en el Reino Unido, Alemania y los Estados Unidos y a su vez Mondi, la número 2, tiene intereses en el Reino Unido y Portugal.

Un cambio producido en los últimos años del siglo pasado es que el mercado internacional o de exportación de pulpa y papel se ha desarrollado enormemente. Desde 1960 el comercio internacional de pulpa y papel se ha quintuplicado. Durante los '90, para muchos productores, el mercado de exportación ha sido el motor de las inversiones.

En Brasil, que ha crecido velozmente como productor de pulpa, sus principales compañías venden entre el 80% y el 90% de su producción a Europa, los Estados

---

<sup>28</sup> Se estima en 13 millones calculando un 10% de las actuales plantaciones de la World Commission on Forest and Sustainable Development. Las actuales plantaciones son aproximadamente 130 millones de hectáreas (calculado sumando las 60 millones de hectáreas en países industriales y las 70 millones en países en desarrollo) según datos de la FAO. Datos de Brasil y Chile de Jeremy Willians, *A Study of Plantation Timber Prices in Latin America and the Southern United States of America* (Roma: FAO, 1998).

Unidos y Japón. Las exportaciones de pulpa desde Sudamérica se supone que crecerán más de un 70% durante la presente década.

En la región, Brasil y Chile ya están jugando un rol importante en el mercado global de la pulpa aprovechando las ventajas de ofrecer bajos costos de producción y condiciones ambientales favorables que facilitan un rápido crecimiento de sus plantaciones.

### ***Producción Mundial de Pulpa Blanqueada Químicamente.***

En el año 2002, la producción mundial de pulpa blanqueada por métodos químicos alcanzo un volumen de 84 millones de toneladas.

Este mercado de pulpa blanqueada se ha transformado en los últimos 10 años. La producción mundial cambió el método de blanqueo con cloro elemental por el método ECF (dióxido de cloro). En cambio sólo una pequeña porción de la producción se convirtió al sistema TCF (totalmente libre de cloro).

Una de las razones principales por la que se produjo este cambio fue la implementación de una serie de medidas promocionadas por la propia industria que impusieron al sistema ECF por sobre el TCF. Un ejemplo es la adopción de las “*Cluster Rules*” (reglas que rigen el conglomerado) que consideran al sistema ECF como la Mejor Técnica Disponible (BAT) en Estados Unidos. También ha sido significativo que el sistema ECF haya sido reconocido como componente de las Mejores Técnicas Disponibles (BAT) por parte de la Comunidad Europea a través de su documento “*Integrated Pollution Prevention and Control*” (IPPC) en el año 2000.

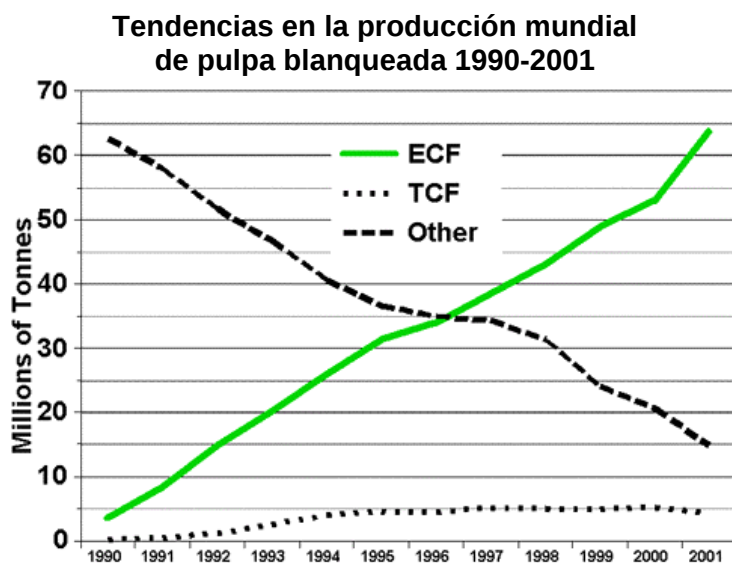
Luego de grandes campañas y debates en torno a los impactos de la industria de la celulosa y particularmente focalizadas en el uso del cloro en el proceso de blanqueo, la industria produjo una serie de modificaciones a comienzos de los '90, especialmente, introduciendo el sistema ECF en lugar del sistema TCF que proponía el movimiento ecologista. Luego, la falta de seguimiento de este tema por parte de las organizaciones ambientalistas y la ausencia de presión por parte de los consumidores ha hecho que la tecnología TCF quedara rezagada.

Esta situación fue aprovechada por las compañías papeleras y las industrias químicas a través de organizaciones de presión como la *Alliance for Environmental Technology* (AET). Esta organización, unió sus esfuerzos de persuasión con países fuertemente vinculados a estas industrias, como Canadá, Finlandia y Suecia. Este conglomerado unió fuerzas, por ejemplo, sobre Alemania, un importante mercado los productores norteamericanos y escandinavos.

Otro grupo de presión a favor del sistema ECF es Eurochlor. Entre la información que distribuyen, dicen: “*El dióxido de cloro remueve la lignina de manera eficaz y a un costo conveniente, a la vez que no genera compuestos bio-acumulativos tóxicos persistentes. En consecuencia, todos los compuestos relacionados al cloro*

obtenidos del blanqueo por dióxido de cloro son biodegradables y no permanecen en el medio ambiente".<sup>29</sup>

Es indudable que el reemplazo del blanqueo con cloro elemental por el sistema ECF (Libre de Cloro Elemental) ha tenido un impacto positivo en el medio ambiente. Sin embargo, el hecho de que no se haya optado por el cambio hacia el sistema TCF ha representado un enorme efecto negativo. Si la totalidad de las inversiones en nuevas plantas y sistemas de blanqueo se hubiera cambiado directamente al sistema TCF no se habrían liberado al medio ambiente enormes cantidades de compuestos tóxicos de cloro.

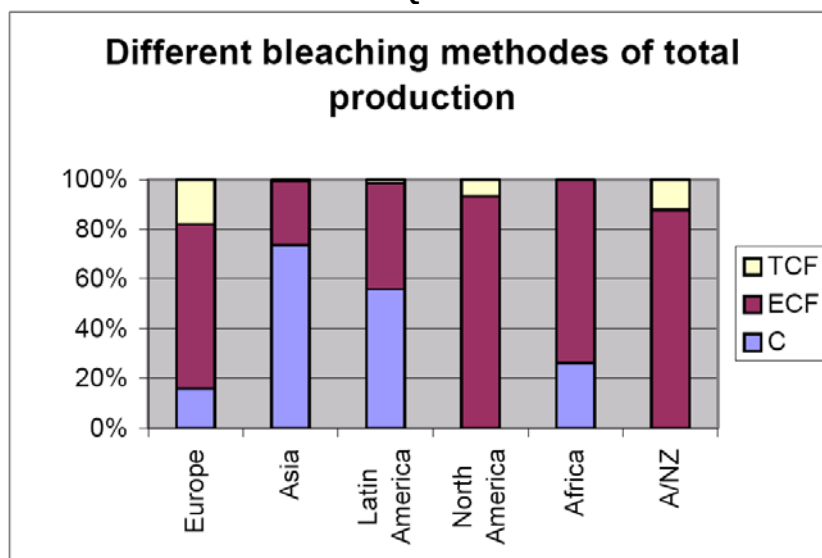


Fuente: Alliance for Environmental Technology.

Sin embargo la adopción de los diferentes métodos de blanqueo difieren mucho según cada región. Mientras que América del Norte ha reemplazado casi por completo el blanqueo con cloro por el método ECF, dejando solo un pequeño porcentaje de la producción como TCF, Europa tiene aún casi un 20% de la producción todavía basada en el blanqueo con cloro. Pero por otro lado, cerca del 20% de la pulpa es producida por el método TCF, el más alto del mundo, liderado por los países escandinavos. Prácticamente, toda la producción de pulpa blanqueada con cloro de Europa se produce en Rusia. En Asia sucede lo contrario: el 75% de la producción se realiza por blanqueo con cloro y un porcentaje muy reducido utiliza TCF. La mayor parte de la pulpa blanqueada con cloro se origina en el Japón. En la actualidad el uso global del sistema TCF es del 5%.

<sup>29</sup> Eurochlor es una organización que es la portavoz de la industria del cloro en Europa creada en 1989. [www.eurochlor.org](http://www.eurochlor.org)

## DISTINTOS METODOS DE BLANQUEO DE LA PRODUCCION TOTAL



Source: Leithe-Eriksen 2003

Mas de tres cuartos de la producción mundial de pulpa de madera coexiste con la producción de papel y cartón, por lo general en la misma planta. Sin embargo, cada vez más, como ya lo mencionáramos, existen plantas de papel que no producen su propia pulpa. En este caso las fábricas de papel le compran a proveedores externos en lo que se denomina "*market pulp*". La pulpa de mercado puede definirse como la pulpa de madera que se produce para ser vendida a precio de mercado respecto de la pulpa de otros productores.

En el 2003, el productor líder en pulpa para el mercado fue Weyerhaeuser, que produjo 2,522 millones de toneladas de pulpa. Le siguieron en este liderazgo Aracruz ( 2,25 millones de toneladas ) e International Paper (2,082 millones de toneladas ). Otras compañías (no necesariamente en este orden) que produjeron mas de un millón de toneladas de pulpa de mercado durante el año 2003 fueron las siguientes: Sappi, Södra, Tembec, Bowater, Arauco, ENCE, Portucel Soporcel y Ilim Pulp.

### Ubicación geográfica de las 100 compañías líderes (2003)

| Región            | No. de compañías <sup>1</sup> | 2003 Ganancias (millones \$) | % del total 2003 | Pulpa de Mercado (1.000 ton) | % del total 2003 |
|-------------------|-------------------------------|------------------------------|------------------|------------------------------|------------------|
| América del Norte | 32                            | 7,628                        | 53,1             | 10.623                       | 38,1             |
| Europa            | 35                            | 2,511                        | 17,5             | 8.516                        | 30,5             |
| Asia              | 19                            | 1,607                        | 11,2             | 588                          | 2,1              |
| Oceanía           | 3                             | 518                          | 3,6              | 611                          | 2,2              |
| África            | 3                             | 618                          | 4,3              | 1.398                        | 5,0              |
| América Latina    | 8                             | 1,486                        | 10,3             | 6.152                        | 22,1             |
| Total             | 100                           | 14,368                       | 100              | 27.888                       | 100              |

Fuente: PPI Sept 2004

Como una muestra de la concentración progresiva de las grandes industrias por obtener mayores ganancias por tonelada, las 10 compañías líderes ahora ostentan el 67,6% de las ganancias totales de las 100 compañías papeleras.

#### Las 10 compañías líderes acorde a las cifras de venta

| Compañía                           | 2003 ventas<br>(millones \$) | Producción 2002<br>(1 000 ton) |                |
|------------------------------------|------------------------------|--------------------------------|----------------|
|                                    |                              | Pulpa de<br>Mercado            | Papel & Cartón |
| International Paper, USA           | 21,503                       | 2.082                          | 13.844         |
| Stora Enso, Finland                | 11,582                       | 800                            | 13.960         |
| Georgia-Pacific, USA               | 11,563                       | 172                            | 8.842          |
| Svenska Cellulosa (SCA),<br>Sweden | 10,558                       | 690                            | 9.725          |
| Procter & Gamble, USA              | 9,933                        | na                             | 1.600          |
| UPM-Kymmene, Finland               | 9,337                        | na                             | 10.232         |
| Kimberly-Clark, USA                | 9,242                        | 0                              | na             |
| Oji Paper, Japan                   | 8,968                        | 62                             | 7.900          |
| Nippon Unipac, Japan               | 8,794                        | 205                            | 7.835          |
| Weyerhaeuser, USA                  | 8,184                        | 2.522                          | 8.558          |

Fuente: PPI Sept 2004

El mercado global de la pulpa es uno de los más grandes dentro de la industria de productos forestales, con grandes cantidades de pulpa que se trasladan entre las regiones productoras netas y las consumidoras netas. América del Norte y los Países Escandinavos Nórdicos (Canadá, EEUU, Suecia, Finlandia y Noruega) son los productores de pulpa de mercado mas importantes. Sin embargo, otros países con plantaciones de rápido crecimiento como Brasil, Chile, Portugal, España e Indonesia, han surgido también como importantes productores para el mercado global.

El principal destino de la pulpa de mercado sigue siendo Europa Occidental (a excepción de los Países Escandinavos), que recibió el 38% del total de las exportaciones (1999). El segundo mercado es Estados Unidos (19%), seguido por Japón (8%) y Asia/Africa (20% en total). China se encuentra entre los destinatarios internacionales mas influyentes y de mayor crecimiento. América del Norte, Países Escandinavos y América Latina son importantes exportadores netos al igual que otros países de Asia y Europa Occidental.

#### Planes de Expansión.

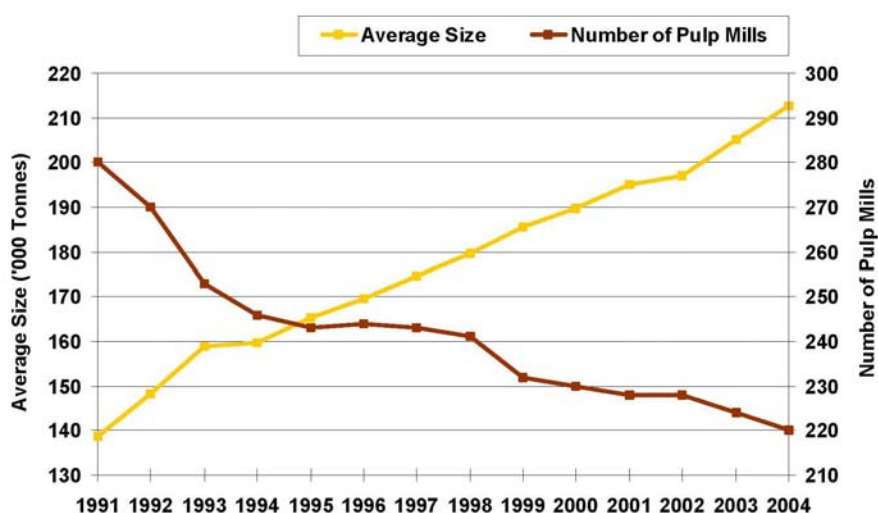
América del Sur es actualmente una de las regiones preferidas para la instalación de nuevas plantas y para la expansión de la capacidad de las plantas existentes.

### Expansiones y Nuevas Plantas de Pulpa

| Planta de Pulpa                       | País      | Calidad        | Expansión (ton) | Año   |
|---------------------------------------|-----------|----------------|-----------------|-------|
| (Cenibra) Belo Oriente                | Brasil    | Eucalipto      | 140.000         | 2004* |
| UPM-Kymmene/Wisaforest                | Finlandia | Eucalipto/pino | 200.000         | 2004* |
| (Arauco) Valdivia                     | Chile     | Eucalipto/pino | 700.000         | 2004* |
| (Zellstoff) Stendal                   | Alemania  | pino           | 550.000         | 2004* |
| Ilim Pulp/Bratsk                      | Rusia     | pino           | 170.000         | 2006  |
| (Sodra, Metsalitto, Latvian Republic) | Latvia    |                | 600.000         | 2005  |
| (Lwarcel) Eunapolis                   | Brasil    | Eucalipto      | 90.000          | 2006  |
| (APP) Hainan                          | China     | Eucalipto      | 1.000.000       | 2005* |
| (Stora Enso/Aracruz) Veracel          | Brasil    | Eucalipto      | 900.000         | 2005* |
| (Arauco) Nuevo Aldea                  | Chile     | Eucalipto/pino | 856.000         | 2006  |
| (CMPC) Santa Fe                       | Chile     | Eucalipto      | 800.000         | 2005* |
| (Metsä Botnia) Orion                  | Uruguay   | Eucalipto      | 1.000.000       | 2007  |
| (Suzano) Bahía Sul                    | Brasil    | Eucalipto      | 1.000.000       | 2008  |
| (ENCE) CMB                            | Uruguay   | Eucalipto      | 500.000         | 2008  |
| (GUNNS) Tasmania                      | Australia | Eucalipto      | 1.100.000       | ?     |
| (Tatau Pulp Manufacturer)             | Malasia   | Eucalipto      | 650.000         | 2008  |

Entre tanto, la evolución de la industria de la pasta celulosa en Europa muestra que existe una tendencia al aumento en el tamaño de las plantas y una reducción en el número de ellas. Para el año 2004 la planta promedio en Europa era de unas 200.000 t/año, bastante menor que los proyectos de expansión en otras regiones. Se contabilizan actualmente unas 220 plantas (2004).

### Capacidad promedio de las plantas de pulpa en países de la CEPI - 1991-2004

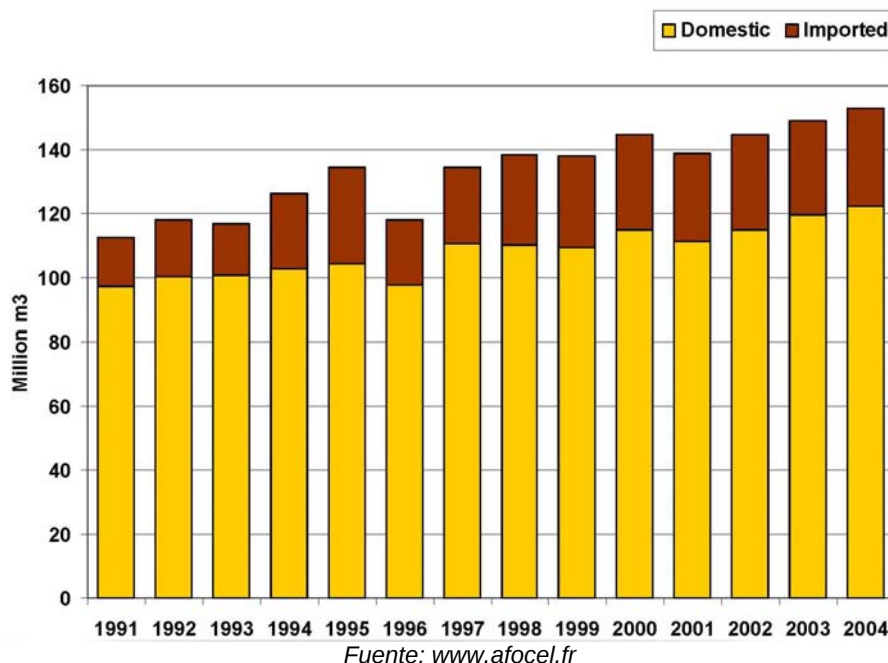


Fuente: [www.afocel.fr](http://www.afocel.fr)

Esta disminución reciente en el número de plantas de 280 a 220 se ha visto compensado por el aumento de capacidad de las existentes, ya que durante esos

años el aumento del consumo de pulpa en Europa se ha visto satisfecho por un aumento de la producción propia como de las importaciones. Esta tendencia no seguirá siendo así en las próximas décadas.

### Consumo de Pulpa en países de la CEPI por origen 1991-2004



En los próximos años, las principales tendencias en materia de expansión desde una visión europea estrá basado en las siguientes premisas:

- **Ampliar los negocios globales y por medio de estrategias globales (especialmente para aquellos segmentos fácilmente negociables como commodity)**
- **Compañías globales en un proceso de refocalización hacia pocos segmentos de la industria.**
- **Las inversiones se realizarán cercanas a los mercados y/o en regiones donde los costos de producción sea menores. Para el sector de la pulpa la mayor parte de las inversiones serán en Sudamérica y Asia.<sup>30</sup>**

### **Consumidores Claves.**

El consumo mundial de la industria papelera actualmente supera los 323 millones de toneladas por año (PPI, 2001) mientras que en 1990 era de 238 millones de toneladas (PPI, 1991). Según pronósticos de la FAO el consumo global de papel será un 80% más alto en el 2010 que en 1990.

<sup>30</sup> Fuente: Afocel Lec, [www.afocel.fr](http://www.afocel.fr) (2005)

### Los 30 países con mayor consumo de pulpa en el 2000xxx

| País                      | Millones de ton | País       | Millones de ton |
|---------------------------|-----------------|------------|-----------------|
| <b>EEUU</b>               | 92.355          | Indonesia  | 3.911           |
| <b>China Rep. Popular</b> | 36.277          | Australia  | 3.654           |
| <b>Japón</b>              | 31.736          | Bélgica    | 3.489           |
| <b>Alemania</b>           | 19.112          | Rusia      | 3.212           |
| <b>Reino Unido</b>        | 12.884          | Turquía    | 2.540           |
| <b>Francia</b>            | 11.376          | Suecia     | 2.494           |
| <b>Italia</b>             | 10.942          | Polonia    | 2.310           |
| <b>Canadá</b>             | 7.476           | Malasia    | 2.251           |
| <b>Corea. Rep. de</b>     | 7.385           | Tailandia  | 2.114           |
| <b>España</b>             | 6.922           | Austria    | 1.963           |
| <b>Brasil</b>             | 6.774           | Argentina  | 1.844           |
| <b>México</b>             | 5.309           | Finlandia  | 1.829           |
| <b>Taiwán</b>             | 5.110           | Suiza      | 1.773           |
| <b>Holanda</b>            | 4.367           | Sud África | 1.720           |
| <b>India</b>              | 4.160           | Dinamarca  | 1.428           |

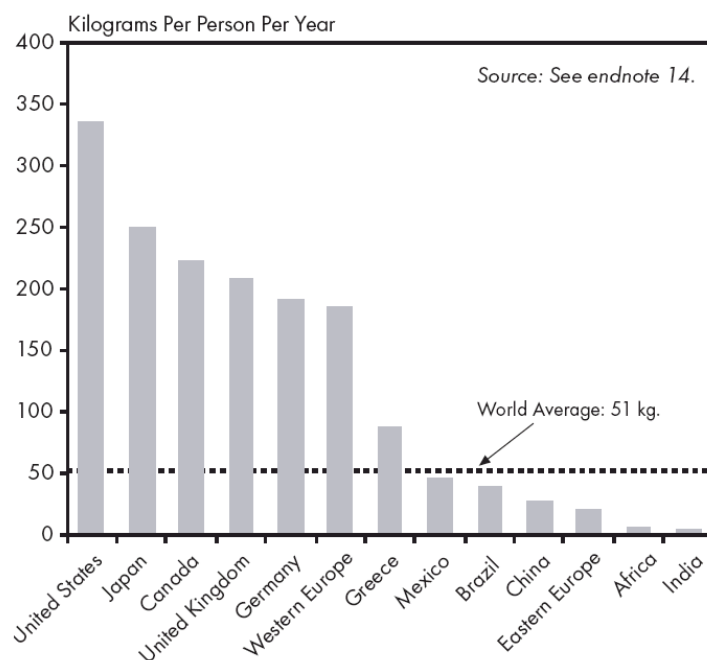
*Fuente: Pulp & Paper International, Julio2002.*

El mayor consumo per capita se registra en Finlandia con 351,7 kg de pulpa. Por contraste, la cifra de China en 1990 era de 28,4 kg. y la de India de aproximadamente 4,1 kg. (PPI, 1991). La industria de papel y pulpa ha crecido notablemente durante los últimos 10 años en los países recientemente industrializados de Asia y América Latina.

Por regiones, el consumo de papel en el año 2003 estuvo liderado por los países de Asia con el 33% del consumo mundial, luego Norteamérica con el 30%. Europa (CEPI) consume el 26% de la producción global y América Latina tan sólo el 6%. Otras países de Europa contabilizan un 3% y el resto del mundo el 2%.



### Per Capita Paper Consumption, Various Countries and Regions, 1997



Es claro que la búsqueda de sustentabilidad y equidad en el uso de los recursos naturales implica, para el caso de la industria del papel, una transformación profunda en cada una de sus etapas productivas y de consumo.

Según la evaluación realizada por Worldwatch Institute en 1999, se podría lograr que se produzcan los siguientes cambios:

- Disminuir el consumo de los países industrializados en un tercio del nivel actual.
- Incrementar en un 5% la eficiencia de la producción.
- Expandir la utilización del papel reciclado, como fuente de fibra, del actual 38% a un 60%.
- Duplicar la utilización de fibras alternativas no madereras.

Estos cambios permitirían una caída considerable del consumo global total de papel, elevar el consumo en los países en desarrollo y se ahorraría un 56% de las fibras madereras ahora utilizadas para pulpa de papel.

De esta forma se lograría no solo reducir los impactos sobre los bosques del mundo sino que también se lograría reducir la carga de impactos en la producción y consumo de papel, reducir la contaminación, ahorrar agua, ahorrar energía y reducir la cantidad de basura a disponer. Éstos beneficios implicarían un mejor y equitativo uso de los recursos globales.

## Plan de Producción Limpia para la Industria del Papel

La polémica en torno al proyecto de instalación de dos plantas de pasta de papel en las márgenes del Río Uruguay ha generado una disputa diplomática sin precedentes entre Argentina y Uruguay. El gobierno de Uruguay ha ratificado su voluntad de seguir adelante con el proyecto en tanto el gobierno de Argentina, manifestando su preocupación por los impactos que podría generar el proyecto, quiere que dichas plantas sean sometidas a la evaluación conjunta de ambos países.

Se llega a la actual situación después de más de tres años de discusiones y advertencias sobre los impactos e inconvenientes de las plantas de pasta de papel que las empresas Ence (España) y Botnia (Finlandia) quieren emplazar en Uruguay, frente a las costas de Entre Ríos. Dichas advertencias fueron protagonizadas esencialmente por organizaciones ambientalistas de ambos países y generando un fuerte movimiento de oposición a las plantas, especialmente en la Provincia de Entre Ríos. Durante ese tiempo, los gobiernos de ambos países prefirieron apostar a que la polémica se diluyera, bajara su intensidad y apostaron a que la gente cediera en su movilización.

Resulta imprescindible que una obra de las características y magnitud de estos emprendimiento papeleros deban realizarse respetando acuerdos bilaterales diseñados para administrar de manera conjunta el uso del Río Uruguay. También se hace necesarios que ambos países revisen su comportamiento frente a estos emprendimientos que serán cada vez más frecuentes y fuertes en sus intentos de radicarse en ambos países.

A pesar de las múltiples promesas de modernidad, controles y tecnologías de protección ambiental, las plantas que se proponen establecer en Uruguay son las mismas plantas que en todas partes del mundo reciben un permanente cuestionamiento por sus impactos ambientales y son cada vez más arrinconadas por legislaciones que procuran ponerle límites a la contaminación. A nivel global, las industrias papeleras están entre las principales fuentes de compuestos organoclorados<sup>31</sup> a los cursos de agua. Estos compuestos afectan la vida acuática y se almacenan en los tejidos grasos de los organismos, bioacumulándose a lo largo de la cadena alimentaria. En los seres humanos provocan trastornos de los sistemas inmunológico, nervioso y reproductor. Entre los organoclorados identificados en los efluentes existen numerosos compuestos cancerígenos y mutagénicos.

Es cierto también que en Argentina existen este tipo de plantas de pasta de papel y es cierto también que no resultan inocuas<sup>32</sup>. Es importante destacar, sin embargo, que las plantas de Ence y Botnia representan un salto de magnitud notable en la capacidad producción de celulosa en la región y, por ende, en su riesgos

---

<sup>31</sup> Se puede consultar "Contaminantes Orgánicos Persistentes en los Humanos: Resumen de los datos existentes a nivel global sobre los 12 Contaminantes Orgánicos Persistentes y otros Organoclorados en Tejido Humano", Greenpeace Argentina, 1998, <http://www.greenpeace.org.ar/media/informes/2389.pdf>

<sup>32</sup> Se puede consultar "Celulosa Argentina Planta Capitán Bermúdez", Greenpeace Argentina, 1997. <http://www.greenpeace.org.ar/media/informes/2402.pdf>

ambientales. Las dos plantas que se ubicarían en las cercanías de Fray Bentos representan el doble de la capacidad de producción actual de pasta de papel que posee Argentina a través de una decena de empresas. Eso significa una concentración de contaminantes frente a las costas de Gualeguaychú que supera todo lo conocido para esta industria en la región.<sup>33</sup>

Para Greenpeace es imprescindible que el Gobierno de Argentina sostenga su demanda ante el Gobierno de la República Oriental de Uruguay para que el proyecto de instalación de las plantas de celulosa se evalúe en el marco de los acuerdos bilaterales existentes como el "Estatuto del Río Uruguay".

**Pero lo esencial es que tanto Argentina como Uruguay descarten la instalación de las plantas propuestas por Ence y Botnia sobre el Río Uruguay y al mismo tiempo adopten una política de modernización de la industria del papel en ambos países con el objeto de transformarla en una industria sustentable.**

**Esto último resulta esencial ya que las plantas propuestas son el inicio de una presión creciente que existirá sobre ambos países para la implantación de más plantas de celulosa para alimentar un mercado global en permanente expansión y que hoy encuentra grandes atractivos económicos y ambientales para expandirse en el Sur.**

**Tanto Argentina como Uruguay deben establecer parámetros comunes y exigentes para desarrollar una industria papelera que sea compatible con la protección ambiental y la salud de nuestros ríos.**

Greenpeace ha venido reclamando desde mediados de los '90 la necesidad de establecer un **"Plan de Producción Limpia en el Sector del Papel"**<sup>34</sup>. Este sector puede transformarse en un modelo de *"Producción Limpia"*, si adopta la explotación forestal sustentable, procesos no tóxicos, tecnologías libres de efluentes, un máximo reciclaje de productos de papel y una disminución del consumo, particularmente en los países industrializados.

**Greenpeace reclama al Gobierno del Presidente Kirchner y al Gobierno del Presidente Tabaré Vazquez la elaboración de un "Plan de Producción Limpia para el Sector Papel", que involucre los siguientes puntos:**

- **Eliminación del cloro en el blanqueo.**

El blanqueo con cloro es una de las partes más perjudiciales del proceso de producción de papel. Es imprescindible eliminar los daños ambientales generados en esta etapa. La pasta puede ser blanqueada con métodos que no emplean cloro -*Totalmente Libres de Cloro* o **TCF**. Para hacerlo se utilizan

---

<sup>33</sup> Las dos plantas generarán en Fray Bentos (Uruguay) un polo de producción de pasta de celulosa que será el más grande del mundo contabilizando una capacidad productiva de 1.500.000 toneladas por año (la planta de Botnia es de 1.000.000 t/año y la de ENCE, de 500.000 t/año).

<sup>34</sup> Se puede consultar "Impactos de la producción de papel", Greenpeace Argentina, abril 1997.  
<http://www.greenpeace.org.ar/media/informes/2391.pdf>

blanqueadores a base de oxígeno tipo peróxido de hidrógeno (agua oxigenada), ozono y oxígeno gaseoso. Esta tecnología totalmente libre de cloro ha demostrado ser eficiente, posible y económicamente conveniente.

- **Extender el proceso de cocción y realizar el proceso de delignificación con oxígeno.**

Es un prerequisite imprescindible para lograr que el proceso pueda ser totalmente libre de cloro. Este paso reduce las cantidades de lignina que ingresa a las etapas de blanqueo. Los residuos de la delignificación con oxígeno pueden ser reciclados.

- **Eliminar totalmente los efluentes de las plantas de pasta y papel.**

La eliminación del cloro y sus subproductos altamente corrosivos permite a las papeleras comenzar a operar en sistemas *Totalmente Libres de Efluentes*. Al tratar y reciclar los efluentes dentro del proceso es posible reducir la cantidad de agua empleada y eliminar las descargas tóxicas.

- **Aumentar el porcentaje de papel que es reciclado y el contenido de papel reciclado post-consumo en los papeles a la venta.**

Disponer de medidas para que todo el papel descartado por los organismos públicos nacionales sea reciclado. Que el papel de impresión y escritura que compre el gobierno contenga al menos un 20% de fibras recicladas post-consumo a dos años de iniciado este plan. Reducir la demanda de papel blanco. Favorecer la Investigación y el Desarrollo de tintas más limpias que permitan un mejor reciclaje sin contaminación. Favorecer impositivamente a las empresas que opten por fabricar papel de impresión con fibras post-consumo. Recientemente la Ciudad de Buenos Aires adoptó por ley un "*Plan de Basura Cero*" que eliminará la disposición final de elementos reciclables como el papel.

- **Establecer líneas de crédito blandas para la eliminación de los efluentes de las industrias del sector y la promoción y crecimiento de las empresas de reciclado.**

Se debe promover, en plazos adecuados, la reconversión de las industrias del sector a procesos más limpios y generar condiciones más propicias para el reciclado de papel y el consumo de productos fabricados con fibras recicladas.

- **Exigir la explotación sostenible de los recursos forestales.**  
En la utilización de fibra virgen, ésta debe provenir de cultivos certificados según los estándares del sistema de certificación forestal del *Forest Stewardship Council* (FSC<sup>35</sup>). Esta certificación es una condición necesaria a la que deberán añadirse criterios específicos de explotación sustentable de maderas para ambos países.
- **Tanto las plantas industriales como plantaciones forestales, deben estar sujetas a la aprobación de las comunidades que se verán afectadas por tales emprendimientos y deben ser estudiados sus impactos ambientales y socioeconómicos.**

**Greenpeace**

[www.greenpeaceuruguay.org](http://www.greenpeaceuruguay.org)

[www.greenpeace.org.ar](http://www.greenpeace.org.ar)

Oficina en Buenos Aires:

Tel: +54 (11) 45518811

Fax: +54 (11) 45520775

---

<sup>35</sup> Se puede consultar en:

<http://www.greenpeace.org.ar/pagint.php?contenido=2785&item=&seccion=4>

## Anexo I: Referencias Bibliográficas

- CLOSED-CYCLE TOTALLY CHLORINE FREE BLEACHED KRAFT PULP PRODUCTION At LOUISIANA PACIFIC'S SAMOA PULP MILL, Analysis of Business, Environmental, and Energy Issues, Prepared on behalf of Louisiana Pacific Corporation, May 3, 2000
- Comparison of the aquatic environmental impact resulting from the production of ECF and TCF sulphate pulp, Udo Hamm and Lothar Götsching, Institut für Papierfabrikation, TU Darmstadt (Institute for Papermaking, Darmstadt Technical University) Concise assessment of current knowledge. VDP – INFOR project (No. 19)
- Concern About AOX, A Working Paper from SFM Network Project: Factors Influencing Kraft Pulp Mills when Reducing Impacts of Effluent Discharge, Kate Lindsay and Daniel W. Smith, Diciembre 2001.
- "Fábricas de celulosa. Del monocultivo a la contaminación industrial". Movimiento Mundial por los Bosques Tropicales. Montevideo, Abril 2005.
- CSE Centre for Science and Environment, green rating project, 1999.
- Easton et al, "Genetic Toxicity of Pulp Mill Effluent on Juvenile Chinook Salmon Using Flow Cytometry", in Water Science Technology Vol. 35, No2-3, 1997
- Environmental best practices in the forest cluster. Interim Report IR-00-015, International Institute for Applied Systems Analysis, Marzo 17, 1999.
- Focus on Finance Newsletter, Junio 2001.
- Jewitt, C. et al. Pulp and paper producers do well in the millenium year. Pulp & Paper International, Julio 2001, pg. 5.
- Kovacs et al, "A Comparison of the Environmental Quality of ECF and TCF Bleached Plant Effluent", in Proceedings of the Annual International Non-Chlorine Bleaching Conference, 1995, Florida, USA
- MillWatch No. 17 Agosto 1998, Reach for Unbleached.
- N. McCubbin Consultants, Inc., Effluent Control Technology and Costs for Bleached Kraft Mills in Ontario, prepared for the Ministry of the Environment, Toronto, Canada, Enero 11, 2000.
- Nordic Paper Magazine, No 6, 2005.
- Olsson, Asplund, Bignert, deWit, Eriksson, Haglund, University of Stockholm, Dioxiner i kustlevande fisk fränsödra Bottenhavet, en studie av presumtiva föroreningskällor, Junio 2005.
- Paper Task Force (Duke University, Environmental Defense Fund, Johnson & Johnson, McDonald's, The Prudential Insurance Company Of America, and Time Inc.), White Paper No. 5: Environmental Comparison Of Bleached Kraft Pulp Manufacturing Technologies, Diciembre 19, 1995.
- PPI, Abril 2005.
- PPI's International Fact & Price Book – 2003.
- pponline.com, BRUSSELS, Sept 29, 2000).
- Pulp & Paper International, Julio 2002, volumen 43, numero 7.
- Pulping the South: Industrial Tree Plantations in the World Paper Economy, World rainforest movement 1996, Ricardo Carrere and Larry Lohmann
- Pulp & Paper 2000, North American Factbook.
- Pulp & Paper International. Octubre 2001.
- Pulp & Paper International, Sept 2000, pg. 5.
- Pulp mill process closure: A review of global technology developments and mill experiences in the 1990s, Technical bulletin No. 860, may 2003, National Council for Air and Stream Improvement.
- Rappe & Wagman, "Trace Analysis of Dioxins and Furans in Unbleached and Bleached Pulp Samples", in Organohalogen Compounds Vol 23, 1995; and, Rosenberg et al, "Chlorinated Dioxins and Furans in a Pulp & Paper Mill", in Chemosphere Vol 29, 1994
- Russian Federation, Edouard Akim, All-Russian Research Institute of Pulp and Paper Industry - St. Petersburg State Technological University of Plant Polymers, Paper presented to the FAO Advisory Committee on Paper and Wood Products, Forty-first Session, Rotorua (New Zealand), 2-3 May 2000.
- Salomon Smith Barney, 2002
- Screening Evaluation of Dioxins Pollution Prevention Options, Prepared for the San Francisco Bay Area Dioxins Project, Septiembre 5, 2001.

- Shariff, Azim, Ulf Ahlborg, Peter Axegard, Christoffer Rappe, and Adriaan van Heiningen, An Assessment of the Formation of 2378-TCDD and 2378-TCDF when Chlorine Dioxide is the Oxidizing Agent in the First Stage of Bleaching of Chemical Pulp, prepared for the Alliance for Environmental Technology, Enero 1996.
- Primavera 1999, Brian P. Kalthoff, Kenichi Kume, Rebecca E. Sundstrom, Global Forest Watch
- Tana et al, "Assessing Impacts on Baltic Coastal Ecosystems with Mesocosm and Fish Biomarker Tests: A Comparison of New World and Old World Pulp Bleaching Technologies", in Science of the Total Environment, Vol 145, 1994.
- Tarkpea, M., B. Eklund, M. Linde, and B. E., Bengtsson, "Toxicity of Conventional, Elemental Chlorine Free, and Totally Chlorine Free Kraft Pulp Bleaching Effluents Assayed by Short-Term Lethal and Sublethal Bioassays," Environmental Toxicology and Chemistry, V. 18, p. 2487, 1999.
- The Alliance for Environmental Technology, "Trends in World Bleached Chemical Pulp Production: 1990-2002," May 2003.
- The Irrawaddy Publishing group, Vol 9. No. 7, Agosto -Septiembre 2001.
- The South Karelia Air Pollution Study: Changes in Respiratory Health in Relation to Emission Reduction of Malodorous Sulfur Compounds from Pulp Mills. Archives of Environmental Health, Julio, 1999, by Jouni J.K. Jaakkola, Kirsi Partti-Pellinen, Olli Marttila, Pauli Miettinen, Vesa Vilkkä, Tari Haahtela
- The Pulp and Paper Industry, the Pulping Process, and Pollutant Releases to the Environment, EPA-821-F-97-011, Environmental Protection Agency 4303 Noviembre 1997
- UNEP, Enero 2001. Standardized Toolkit for Identification and Quantification of Dioxin and Furan Releases, Prepared by UNEP Chemicals Geneva, Switzerland
- Unido, 2001. GENERAL CONFERENCE OF UNIDO, NINTH SESSION, Vienna, 3-7 Diciembre 2001
- A UNIDO Issue Paper on International Environmental Frameworks and Development, Case Study of POPs
- WRM's bulletin Nº 5, Octubre 1997.
- Wall street excerpt from Salomon Smith Barney, Abril 12, 2002
- Zero Discharge: Technological Progress Towards Eliminating Kraft Pulp Mill Liquid Effluent, Minimising Remaining Waste Streams and Advancing Worker Safety. By Jay Ritchlin and Paul Johnston, 1999. Prepared for Reach for Unbleached! The Zero Toxics Alliance Pulp Caucus and Greenpeace International.
- Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC) Reference Document on Best Available Techniques in the Pulp and Paper Industry, December 2001
- European Commission. Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC): Reference Document on Best Available Techniques in the Pulp and Paper Industry. Julio 2000.
- "Paper Cuts: Recovering the Paper Landscape", JANET N. ABRAMOVITZ AND A SHLEY T. MATTOON, WORLDWATCH Paper 149, December 1999.
- "El Papel del Sur: plantaciones forestales en la estrategia papelera internacional". Ricardo Carrere y Larry Lohmann.1997. Red Mexicana de Acción Frente al Libre Comercio e Instituto del Tercer Mundo, 1997. Disponible también en inglés (WRM & Zed Books Ltd. 1996).

## Anexo II: Recursos útiles en Internet

Chlorine Free Products Association

<http://www.chlorinefreeproducts.org>

Laboratorio de Química Ambiental y Ecotoxicología

Facultad de Ciencias-UDELAR

<http://ecotox.fcien.edu.uy/>

Acción por los cisnes

[www.accionporloscisnes.org](http://www.accionporloscisnes.org)

Grupo Guayubira

[www.quayubira.org.uy](http://www.quayubira.org.uy)

REDES-Amigos de Tierra Uruguay

[www.redes.org.uy](http://www.redes.org.uy)

Movimiento Mundial por los Bosques Tropicales

[www.wrm.org.uy](http://www.wrm.org.uy)

Reach for Unbleached Foundation

[www.rfu.org](http://www.rfu.org)

Government Purchasing Project

[www.gpp.org](http://www.gpp.org)

Asamblea Ciudadana Ambiental de Gualeguaychú

[www.noalapapelera.com.ar](http://www.noalapapelera.com.ar)

Greenpeace Argentina

[www.greenpeace.org.ar](http://www.greenpeace.org.ar)

Convenio de Estocolmo sobre Contaminantes Orgánicos Persistentes

[www.pops.int](http://www.pops.int)

The International POPs Elimination Network

[www.ipen.org](http://www.ipen.org)

Foro Ecologista de Paraná

[www.foroecologista.org.ar](http://www.foroecologista.org.ar)

Ahorra y recicla papel

[www.reciclapapel.org](http://www.reciclapapel.org)



## **Anexo III: El Papel - Una Breve Reseña Histórica**

El antecedente inmediato al papel es el papiro que los egipcios obtenían de una planta del mismo nombre, caracterizada por sus hojas largas, tallos blandos y sección triangular. El papiro se fabricaba a partir de capas estiradas de la médula, las que se ordenaban en forma transversal. Esta pulpa se impregnaba de agua, se prensaba y se secaba; una vez seca, se frotaba contra una pieza de marfil para darle más suavidad a su textura. Cada hoja se unía a otra, formándose rollos de entre 6 y 9 metros, aunque se han encontrado rollos de longitud superior a los 40 m.

Se considera que el papel, tal como lo entendemos hoy, fue inventado en China hacia el año 200 ac. En sus comienzos la producción artesanal de papel se realizaba en base a seda y lino. Sin embargo, la producción de papel a mayor escala se inicia en el año 105 dc en China. Posteriormente China también comienza a utilizar el bambú como fibra, anticipándose a la pulpa de madera empleada posteriormente por los fabricantes de papel en Europa.

Para el siglo X, ya se empleaban las marcas de agua, el uso del papel como dinero y la impresión. La manufactura del papel se extendió de China a Corea y luego a Japón. Paralelamente se produce la expansión del papel hacia el Asia Central donde el conocimiento de la fabricación de papel ya se había extendido en todo el área hacia finales del siglo V.

Cuando España es conquistada por los Moros la producción de papel llega a Europa. La primera referencia sobre producción del papel en Italia, es de 1275-1276, en el pueblo de Fabriano, aún famoso tanto por sus papeles realizados a mano, como los obtenidos en moldes cilíndricos o en modernas máquinas industriales para elaborar papel. Fabriano, es importante para el desarrollo del papel, por su introducción de papel de trapo, satinado con una cola de gelatina animal. Esta técnica fue muy bien recibida y llevó a una mayor aceptación del papel como sustituto del pergamino, ya que permitía a las agudas plumas de ave, trazar libremente sin rasgar la superficie del papel y que la tinta no penetrara en las fibras absorbiéndose como un secante.

Durante la Edad Media el analfabetismo reinante en ese momento se comienza a revertir con la invención de Gutenberg en el siglo XV: los tipos móviles. La publicación de la Biblia de Gutenberg en 1455 y el aumento posterior de la producción en masa de libros facilitó la difusión amplia de las ideas y la información. Esto disparó la demanda de papel y ya que en esa época la principal fuente de fibra eran trapos, este aumento en el uso del papel durante los siglos XVII y XVIII motivó una escasez de telas y trapos.

En el siglo XIX, los poderosos empresarios capitalistas que ya existían en Francia e Inglaterra, comenzaron, con la ayuda de las nuevas industrias y maquinarias de la revolución industrial, a desarrollar máquinas para fabricar papel con técnicas centralizadas en grandes fábricas. El advenimiento de la celulosa basada en madera proporcionó una fuente de fibra más barata y de disponibilidad más rápida.

El descubrimiento del cloro elemental en 1774 y la invención de la máquina de papel de hoja continua de Fourdrinier, patentada en 1807 permitió con el tiempo a los fabricantes reducir a pulpa y blanquear con medios químicos las fibras de madera y aumentar así la producción en forma radical creando rollos en vez de hojas individuales.

Recién en los años 1860, la producción de pulpa de papel a partir de madera se convirtió en comercialmente viable, particularmente en Norteamérica y los países nórdicos por lo que los bosques se convirtieron en "minas" relativamente compactas, contiguas y a gran escala de materia prima, posibilitando por ende el verdadero despegue de la moderna industria papelera occidental.

Es a fines del siglo XIX, con el desarrollo de las técnicas para producir celulosa a partir de madera, un material que podía ser cosechado en cualquier época y almacenado y transportado en grandes cantidades, cuando se comenzó a notar el pleno potencial de las nuevas maquinarias.

Al mismo tiempo que las celulosas provenientes de madera inauguraron una era de producción de papel barato y en gran escala a mediados de 1800, comenzaron a desarrollarse nuevos artículos y aplicaciones que expandieron todavía más el uso del papel en las actividades comerciales y domésticas. Papeles de impresión, materiales de construcción, bolsas de papel, diferentes envases, pañales, papel para fax y computadoras y embalajes múltiples.

El rápido y sostenido crecimiento de la demanda de productos de papel ha ido de la mano de una acelerada escasez en la provisión de madera, provocando la desaparición de bosques nativos con los consecuentes impactos sobre los ecosistemas que forman parte de ellos.

En su fase actual, durante el siglo XX, el crecimiento en el consumo de papel fue continuo y explosivo. Recientemente, el uso mundial de papel creció un 423% entre 1961 y 2002.